

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

О.И. Чуприс

(подпись)

(дата утверждения)

Регистрационный № УД- 5886/уч.

ОСНОВЫ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности магистратуры
1-31 81 02 Фотоника**

Минск 2018

Учебная программа составлена на основе Образовательного стандарта ОСВО 1-31 81 02-2012, утвержденного и введенного в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 24.08.2012 г. № 108 и учебного плана специальности 1-31 81 02 Фотоника, утвержденного 26 мая 2017 г., регистрационный номер № G31-240/уч.

СОСТАВИТЕЛЬ:

И.А. Козначеев — заведующий лабораторией ГНУ «Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси», кандидат физико-математических наук.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой энергофизики Белорусского государственного университета
(протокол № 11 от 17 мая 2018 г.);

Советом физического факультета Белорусского государственного университета
(протокол № 12 от 28 июня 2018 г.).

Заведующий кафедрой, к.ф.-м.н. доцент  М.С. Тиванов



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины «Основы теплофизических процессов» разработана для специальности 1-31 81 02 Фотоника высшего образования второй ступени (магистратура).

Учебная дисциплина «Основы теплофизических процессов» относится к циклу дисциплин специальной подготовки (компонент учреждения высшего образования).

Во многих реальных системах распространенными являются процессы переноса теплоты, массы, импульса. Они являются определяющими во многих технологических процессах, энергетических и биосистемах. Учебная дисциплина «Основы теплофизических процессов» включает рассмотрение современных представлений о процессах тепло- и массообмена, способах их диагностики и возможностях применения.

Цель учебной дисциплины – формирование профессиональных знаний магистрантов о процессах тепло- и массопереноса и методах экспериментального исследования теплофизических свойств веществ.

Задачи учебной дисциплины – дать магистрантам понятие об основных процессах переноса тепла и вещества; способствовать формированию представлений о взаимосвязи явлений переноса; сообщить магистрантам основные сведения о существующих методах исследования параметров тепло- и массообмена; научить магистрантов видеть области применения данных методов, понимать возможности использования различных датчиков при решении конкретных задач.

Материал основан на знаниях и представлениях, полученных магистрантами при изучении следующих учебных дисциплин первой и второй ступени высшего образования: термодинамики и статистической физики, молекулярной физики, электричества, оптики, физики конденсированных сред.

Некоторые вопросы магистранты должны изучить самостоятельно при работе с рекомендуемыми учебниками, учебными пособиями, методическими материалами. По этим вопросам планируется подготовка рефератов магистрантами. Проверку самостоятельной работы магистрантов целесообразно проводить в ходе текущего и итогового контроля знаний. Текущий контроль знаний рекомендуется осуществлять в форме тестирования по темам учебной дисциплины, выступлений по подготовленным рефератам.

В результате изучения учебной дисциплины магистрант должен:
знать:

- линейные законы переноса тепла, массы, импульса и соответствующие дифференциальные уравнения;
- теоретические основы и практическую реализацию методов измерения температуры, теплоемкости, коэффициентов теплопроводности и вязкости, скоростей газовых и жидкостных потоков, концентрации смесей.

уметь:

- объяснять принцип действия экспериментальных установок и датчиков, используемых в практике теплофизических исследований;
- объяснять численные значения теплофизических свойств материалов;

владеть:

- методами исследования процессов теплопроводности, диффузии, внутреннего трения.

Основными методами обучения, отвечающими целям изучения учебной дисциплины, являются: элементы проблемного обучения, реализуемые на лекционных занятиях, рейтинговая система оценки знаний. При чтении лекций рекомендуется применять мультимедийные средства обучения.

Программа учебной дисциплины составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта.

Освоение учебной дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

академические компетенции:

- уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;
- владеть системным и сравнительным анализом;
- владеть исследовательскими навыками;
- уметь работать самостоятельно;
- иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;
- иметь лингвистические навыки (устная и письменная коммуникация).

социально-личностные компетенции:

- обладать качествами гражданственности;
- быть способным к социальному взаимодействию;
- обладать способностью к межличностным коммуникациям;
- владеть навыками здорового образа жизни.

профессиональные компетенции:

- применять знания теоретических и экспериментальных основ физики наноматериалов и нанотехнологий, методов исследования физических объектов, методов измерения физических величин, методов автоматизации эксперимента, методов планирования, организации и ведения научно-производственной, научно-педагогической, производственно-технической, опытно-конструкторской работы;

- применять полученные знания фундаментальных положений физики, экспериментальных, теоретических и компьютерных методов исследования, планирования, организации и ведения научно-технической и научно-педагогической работы;

- пользоваться государственными языками Республики Беларусь и иными иностранными языками как средством делового общения;
- пользоваться глобальными информационными ресурсами;
- реализовывать методы защиты производственного персонала и населения

в условиях возникновения аварий, катастроф, стихийных бедствий и обеспечения радиационной безопасности при осуществлении научной, производственной и педагогической деятельности.

инновационная деятельность:

- осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям;
- определять цели инноваций и способы их достижения;
- применять методы анализа и организации внедрения инноваций в научно-производственной, научно-педагогической и научно-технической деятельности.

Общее количество часов – 118, из них аудиторных – 36 часов (в том числе: лекции – 30 часов, управляемая самостоятельная работа – 6 часов). Количество зачетных единиц – 3.

Занятия проводятся на 2-м курсе магистратуры в 4-м семестре.

Форма отчетности – экзамен в 4-м семестре.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Явления переноса в твердых телах, жидкостях и газах.

1.1. Явления переноса массы, количества движения и внутренней энергии. Процессы диффузии, теплопроводности и внутреннего трения в газах. 1 закон Фика, закон Фурье, закон Ньютона для вязкого трения. Границы применимости законов Фурье и Ньютона.

1.2. Физический смысл коэффициентов переноса. Зависимость коэффициентов переноса от различных термодинамических параметров. Особенности явлений переноса в жидких средах и твердых телах.

1.3. Процессы переноса теплоты: теплопроводность, конвекция, излучение. Конвективный теплообмен; радиационно-кондуктивный и радиационно-конвективный теплообмен. Теплопередача и теплоотдача.

2. Элементы теории теплопроводности. Модельные задачи теплопроводности.

2.1. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Физический смысл коэффициентов тепло- и температуропроводности. Краевые условия. Граничные условия, реализуемые в теплофизических исследованиях. Теплопроводность в стационарном режиме. Передача теплоты через плоскую стенку при граничных условиях 1-3 рода. Тепловая проводимость и термическое сопротивление однослойной и многослойной стенки.

2.2. Передача теплоты через цилиндрическую стенку. Линейное термическое сопротивление теплопередачи, линейный коэффициент теплопередачи. Критический диаметр цилиндрической стенки. Передача теплоты через сферическую стенку.

2.3. Пути интенсификации процесса теплопередачи. Задачи стационарной теплопроводности с комбинированными граничными условиями. Теплопроводность при наличии внутренних источников тепла. Теплопроводность однородной пластины и однородной цилиндрической стенки.

3. Течение жидкости в каналах.

3.1. Основные уравнения динамики идеальной жидкости и газа: уравнения Эйлера, уравнение Бернулли. Одномерное стационарное движение газа по трубе переменного сечения.

3.2. Плоская ударная волна и скачок плотности. Изменение скорости и термодинамических параметров газа в плоской ударной волне.

4. Методы измерения температуры.

4.1. Температура – потенциал переноса. Температурные шкалы. Физические принципы работы первичных преобразователей температуры. Различные типы термометров, используемых в измерительной технике: dilatометрический, биметаллический, газовый, конденсационный, термоиндикаторный. Металлические и полупроводниковые термометры сопротивления. Измерение температуры с помощью термометров сопротивления.

4.2. Термоэлектрические явления: эффект Зеебека, эффект Пельтье. Металлические и полупроводниковые термопары. Измерение температуры с помощью термопар. Погрешности измерения температуры контактными методами. Оптические методы измерения температуры. Радиационные, яркостные и цветовые пирометры. Погрешности измерения температуры пирометрами. Световодные датчики и оптические сенсорные системы. Волоконно-оптические термометры. Акустические методы измерения температуры. Погрешности измерения температуры бесконтактными методами.

5. Экспериментальные методы определения коэффициента теплопроводности различных сред.

5.1. Стационарный тепловой режим. Экспериментальные схемы и расчетные соотношения для определения коэффициентов теплопроводности твердых материалов с использованием образцов различной формы. Специфика исследования теплопроводности жидкостей и газов.

6. Экспериментальные методы определения теплоемкости.

6.1. Экспериментальные методы определения теплоемкости твердых тел, жидкостей и газов.

7. Диагностика газовых и жидкостных потоков. Экспериментальные методы определения скорости потоков.

7.1. Механические измерители потока: турбинные измерители потока, пропеллеры, измерители потока с тормозящим элементом. Измерители скорости на потокорезистивных элементах. Гидродинамические (аэродинамические) измерители потока: трубка Пито. Электромагнитные измерители потока. Ультразвуковые датчики потока: датчик потока на принципе измерения времени прохождения сигнала, доплеровские измерители потока непрерывного действия, импульсные доплеровские измерители потока. Тепловые измерители потока: инжекционные измерители потока, конвекционные измерители потока (термоанемометры). Лазер-доплеровские измерители скорости.

8. Методы определения коэффициентов вязкости газов и жидкостей.

8.1. Метод капиллярного истечения, метод падающего шарика. Принцип действия ротационных вискозиметров.

9. Методы определения концентрации смесей.

9.1. Оптические, электрохимические, термохимические, хроматографические методы определения концентрации газообразных смесей. Методы спектроскопии, масс-спектрометрии, радиохимические и рентгеновские методы определения концентрации твердых веществ. Рефрактометрический метод определения концентрации жидких смесей.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов						Количество часов УСР	Литература	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1.	Явления переноса в твердых телах, жидкостях и газах	6						[1], [10], [12]		
1.1	Явления переноса массы, количества движения и внутренней энергии. Процессы диффузии, теплопроводности и внутреннего трения в газах. I закон Фика, закон Фурье, закон Ньютона для вязкого трения. Границы применимости законов Фурье и Ньютона.	2								
1.2	Физический смысл коэффициентов переноса. Зависимость коэффициентов переноса от различных термодинамических параметров. Особенности явлений переноса в жидких средах и твердых телах.	2								
1.3	Процессы переноса теплоты: теплопроводность, конвекция, излучение. Конвективный теплообмен, радиационно-кондуктивный и радиационно-конвективный теплообмен. Теплопередача и теплоотдача.	2								
2.	Элементы теории теплопроводности. Модельные задачи теплопроводности	6						[2], [11]		
2.1	Дифференциальное уравнение теплопроводности. Физический смысл коэффициентов тепло- и температуропроводности. Краевые условия. Граничные условия, реализуемые в теплофизических исследованиях. Теплопроводность в стационарном режиме.	2								
2.2	Передача теплоты через плоскую стенку при граничных условиях 1-3 рода. Тепловая проводимость и термическое сопротивление однослойной и многослойной стенки. Передача теплоты через цилиндрическую стенку. Линейное термическое сопротивление теплопередачи, линейный коэф-	2								

[illegible]

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемая литература

Основная

1. Савельев, И.В. Курс общей физики. Т. 1 / И.В. Савельев. — М.: Наука, 1980. — 308 с.
2. Исаченко, В.П. Теплопередача / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. — М.: Энергоиздат, 1981. — 417 с.
3. Лойцянский, Л.Г. Механика жидкости и газа / Л.Г. Лойцянский. — М.: Наука, 1970. — 904 с.
4. Евдокимов, И.Н. Методы и средства исследований, ч. 1. Температура / И.Н.Евдокимов. — М.: РГУНиГ, 2004. — 106 с.
5. Ярышев, Н.А. Теоретические основы измерения нестационарных температур / Н.А. Ярышев.— М.: Наука, 1976. — 348 с.
6. Походун, А.И. Экспериментальные методы исследования. Измерение теплофизических величин / А.И. Походун, А.В. Шарков. — СПб.: СПб ГУ ИТМО, 2006. — 87 с.
7. Бошняк, Л.Л. Измерения при теплотехнических исследованиях / Л.Л. Бошняк. — Л.: Машиностроение, 1974. — 192 с.
8. Методы определения теплопроводности и температуропроводности. М.: Энергия, 1973. — 336 с.
9. Новицкий, А.М. Электрические измерения неэлектрических величин / А.М. Новицкий. — Л.: Энергия, 1983. — 426 с.
10. Байков В.И., Павлюкевич Н.В., Федотов А.К., Шнип А.И. Теллофизика. Т. 2. — Минск: Институт тепло- и массообмена имени А.В Лыкова НАН Беларуси, 2014. — 370 с.
11. Вакулин А.А. Методы и средства измерений теплофизических величин. — Тюмень: Русская неделя, 2015. — 152 с.

Дополнительная

12. Рид, Р. Свойства газов и жидкостей / Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. — Л.: Химия, 1982. — 456 с.
13. Берман, Р. Теплопроводность твердых тел / Р.Берман.— М.:Мир, 1979.— 296 с.
14. Кутателадзе, С.С. Анализ подобия и физические модели / С.С. Кутателадзе. — Новосибирск: Наука, 1986.
15. Красюк, Б.А. Световодные датчики / Б.А.Красюк.— М.: Машиностроение, 1990.— 399 с.
16. Сопряжение датчиков и устройств ввода данных с компьютерами IBM PC / М.: Мир, 1992.— 496 с.
17. Марукович Е.И., Марков А.П., Сергеев С.С. Бесконтактная термометрия. — Минск: Белорусская наука, 2014. — 252 с.
18. Паранук А.А., Хрисониди В.А., Схаляхо З.Ч., Пономарева Г.В. Методы и средства измерений, испытаний и контроля в нефтегазовой промышленности. — Краснодар: Издательский Дом - Юг, 2016. — 472 с.

Рекомендуемые формы диагностики текущих результатов учебной деятельности

1. Тестирование.
2. Защита реферативных работ.

Темы тестовых заданий

1. Элементы теории переноса, теории теплопроводности, гидродинамики.
2. Экспериментальные методы определения температуры, коэффициентов теплопроводности и вязкости, концентрации смесей, теплоемкости сред, скорости потоков.

Примерная тематика реферативных работ

1. Уравнение переноса энергии излучения.
2. Регулярный режим теплопроводности.
3. Теплообмен в пакетах и засыпках.
4. Особенности теплообмена в разреженных газах.
5. Фазовые переходы.
6. Эксергия.
7. Теплофизические свойства топлив.
8. Условия подобия теплофизических процессов.

Рекомендации по контролю качества усвоения знаний и проведению аттестации

Для текущего контроля качества усвоения знаний по учебной дисциплине рекомендуется использовать тестирование и защиту реферативных работ. Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с примерным тематическим планом учебной дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине магистрант вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для магистрантов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Оценка тестирования переводится в десятибалльную шкалу, исходя из процента от максимального возможного количества баллов. Защита реферативных работ проводится в форме индивидуальных выступлений-презентаций с последующей дискуссией. Оценка рефератов проводится по десятибалльной шкале. Итоговая оценка текущей успеваемости рассчитывается как средневзвешенная оценка по тестированиям и защите рефератов. Рекомендуемые весовые коэффициенты: для оценок по тестированиям – 0,3, для оценки по защите реферата – 0,4.

Итоговая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме экзамена.

Экзаменационная оценка и оценка текущей успеваемости служат для определения рейтинговой оценки по учебной дисциплине, которая рассчитывается как средневзвешенная оценка текущей успеваемости и экзаменационной оценки. Рекомендуемые весовые коэффициенты: для оценки текущей успеваемости — 0,3, для экзаменационной оценки — 0,7.

Итоговая оценка формируется на основе:

1. Правил проведения аттестации студентов (Постановление Министерства образования Республики Беларусь № 53 от 29 мая 2012 г.);
2. Положения о рейтинговой системе оценки знаний по дисциплине в БГУ (Приказ ректора БГУ от 18.08.2015 № 382-ОД);
3. Критериев оценки знаний студентов (письмо Министерства образования от 22.12.2003 г.)

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

[illegible]

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

М.С. ТИВАНОВ

В.М. АНИЩИК