

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

А. Л. Толстик

Регистрационный № УД- 1347/баз.



ОСНОВЫ ТЕПЛОФИЗИКИ

Учебная программа учреждения высшего образования

по учебной дисциплине для специальности:

1-31 04 01 Физика (по направлениям)

Направление:

1-31 04 01-02 Физика (производственная деятельность)

Минск 2014

СОСТАВИТЕЛЬ:

Н.А. Карбалевич — доцент кафедры энергофизики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

Рецензенты:

Н.В. Павлюкевич — академик НАН РБ, профессор, зав. отделением Института тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова;

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

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой энергофизики физического факультета Белорусского государственного университета протокол № от 2014 г.);

Ученым советом физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № от 2014 г.);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № от 2014 г.

Ответственный за редакцию: Н.А. Карбалевич

Ответственный за выпуск: Н.А. Карбалевич

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Во многих реальных системах распространенными являются процессы переноса теплоты, массы, импульса. Они являются определяющими во многих технологических процессах, энергетических и биосистемах.

Дисциплина «Основы теплофизики» включает рассмотрение современных представлений о процессах тепло- и массообмена, способах их диагностики и возможностях применения. Программа дисциплины содержит перечень вопросов, которые наиболее необходимы физикам.

Задача лекционного курса состоит в том, чтобы ознакомить студентов с основами процессов переноса; способствовать формированию представлений о взаимосвязи явлений переноса тепла и вещества, методах исследования параметров тепло- и массообмена; научить студента видеть области применения данных методов, понимать возможности использования различных датчиков при решении конкретных задач.

Программа составлена с учетом знаний, полученных студентами при изучении следующих дисциплин: термодинамики и статистической физики, молекулярной физики, электричества, оптики.

Некоторые вопросы студенты должны изучить самостоятельно при работе с рекомендуемыми учебниками, учебными пособиями, методическими материалами. На самостоятельную проработку выделены темы по диагностике газовых и жидкостных потоков. По вопросам планируется подготовка рефератов студентами. Для организации самостоятельной работы студентов по курсу рекомендуется разместить в сетевом доступе учебные и учебно-методические материалы. Проверку самостоятельной работы студентов целесообразно проводить в ходе текущего и итогового контроля знаний. Текущий контроль знаний рекомендуется осуществлять в форме контрольных работ по темам курса, выступлений на занятиях по подготовленным рефератам.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

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

уметь:

- объяснять принцип действия экспериментальных установок и датчиков, используемые в практике теплофизических исследований;
- объяснять теплофизические свойства материалов;

владеть:

- методами исследования процессов теплопроводности, диффузии, внутреннего трения.

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

Изучение дисциплины заканчивается зачетом и экзаменом. Общее количество часов – 130. Из них аудиторных – 60 часов (в том числе: лекции – 52 часа; управляемая самостоятельная работа – 8 часов).

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	Название темы	Лекции	Управляемая самостоятельная работа	Всего
1.	Явления переноса в твердых телах, жидкостях и газах	8		8
2.	Методы измерения температуры	12		12
	Тестирование		2	2
3.	Элементы теории теплопроводности	10		10
	Решение задач теплопроводности	6		6
	Контрольная работа		2	2
4.	Экспериментальные методы определения коэффициента теплопроводности различных сред	2		2
5.	Экспериментальные методы определения теплоемкости	2		2
6.	Течение жидкости в каналах	4		4
7.	Диагностика газовых и жидкостных потоков. Экспериментальные методы определения скорости потоков.	4		4
8.	Экспериментальные методы определения коэффициентов вязкости жидких сред	2		2
9.	Методы определения концентрации смесей	2		2
	Тестирование.		2	2
	Защита рефератов.		2	2
	Итого	52	8	60

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

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

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. Физический смысл коэффициентов переноса. Зависимость коэффициентов переноса от различных термодинамических параметров. Особенности явлений переноса в жидких средах и твердых телах. Процессы переноса теплоты: теплопроводность, конвекция, излучение. Конвективный теплообмен, радиационно-кондуктивный и радиационно-конвективный теплообмен. Теплопередача и теплоотдача.

2. Методы измерения температуры.

Температура – потенциал переноса. Температурные шкалы. Физические принципы работы первичных преобразователей температуры. Различные типы термометров, используемых в измерительной технике: dilatометрический, биме-

таллический, газовый, конденсационный, термоиндикаторный. Металлические и полупроводниковые термометры сопротивления. Измерение температуры с помощью термометров сопротивления. 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.

3. Элементы теории теплопроводности.

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. Передача теплоты через цилиндрическую стенку. Линейное термическое сопротивление теплопередачи, линейный коэффициент теплопередачи. Критический диаметр цилиндрической стенки. Передача теплоты через сферическую стенку. Пути интенсификации процесса теплопередачи. Задачи стационарной теплопроводности с комбинированными граничными условиями. Теплопроводность при наличии внутренних источников тепла. Теплопроводность однородной пластины и однородной цилиндрической стенки.

4. Экспериментальные методы определения коэффициента теплопроводности и теплоемкости различных сред.

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.

5. Экспериментальные методы определения теплоемкости

Экспериментальные методы определения теплоемкости твердых тел.

6. Течение жидкости в каналах

Основные уравнения динамики идеальной жидкости и газа: уравнения Эйлера, уравнение Бернулли. Одномерное стационарное движение газа по трубе переменного сечения. Плоская ударная волна и скачок плотности. Изменение скорости и термодинамических параметров газа в плоской ударной волне.

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

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

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

9. Методы определения концентрации смесей

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.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемые формы диагностики знаний

Контрольные работы – 1

Рефераты по темам:

1. Оптические методы определения концентрации газообразных смесей.
2. Электрохимические методы определения концентрации газообразных смесей.
3. Термохимические методы определения концентрации газообразных смесей.
4. Хроматографические методы определения концентрации газообразных смесей.
5. Методы спектроскопии для определения концентрации твердых веществ.
6. Методы масс-спектрометрии для определения концентрации твердых веществ.
7. Радиохимические методы определения концентрации твердых веществ.
8. Рентгеновские методы определения концентрации твердых веществ.

Тестовые задания – 2

Темы тестовых заданий:

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

Рекомендуемые темы контрольных работ

Контрольная работа по теме:

1. Стационарные задачи теплопроводности

Рекомендуемая литература

Основная

1. Савельев, И.В. Курс общей физики. Т. 1 / И.В. Савельев. — М.: Наука, 1980.— 308 с.
2. Походун, А.И. Экспериментальные методы исследования. Измерение тепловых величин / А.И. Походун, А.В. Шарков. — СПб.: СПб ГУ ИТМО, 2006. — 87 с.
3. Исаченко, В.П. Теплопередача / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. — М.: Энергоиздат, 1981.— 417 с.
4. Бошняк, Л.Л. Измерения при теплотехнических исследованиях / Л.Л. Бошняк. — Л.:Машиностроение, 1974.— 192 с.
5. Ярышев, Н.А. Теоретические основы измерения нестационарных температур / Н.А. Ярышев.— М.: Наука, 1976.— 348 с.
6. Новицкий, А.М. Электрические измерения неэлектрических величин / А.М. Новицкий. — Л.: Энергия, 1983.— 426 с.

7. Евдокимов, И.Н. Методы и средства исследований, ч. 1. Температура / И.Н.Евдокимов. — М.: РГУНиГ, 2004.— 106 с.
8. Методы определения теплопроводности и температуропроводности. М.: Энергия, 1973. — 336 с.
10. Электронный учебник «Газо- и гидродинамика»

Дополнительная

11. Сопряжение датчиков и устройств ввода данных с компьютерами IBM PC / М.: Мир, 1992.— 496 с.
12. Красюк, Б.А. Световодные датчики / Б.А.Красюк.— М.: Машиностроение, 1990.— 399 с.
13. Рид, Р. Свойства газов и жидкостей / Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. — Л.: Химия, 1982. — 456 с.
14. Берман, Р. Теплопроводность твердых тел / Р.Берман.— М.:Мир, 1979.— 296 с.