

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

О.И. Чуприс

2019 г.

Регистрационный № УД-6960/уч.

ФИЗИКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

1-31 80 20 Прикладная физика

Профилизация: Функциональные наноматериалы

2019 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 80 20-2019 и учебного плана от 11 апреля 2019 г. № G31-024/уч.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Василевич Сергей Владимирович – доцент кафедры энергофизики физического факультета БГУ(по совместительству), кандидат технических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Гринчук Павел Семенович – заведующий отделением теплофизики Института тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, член-корреспондент НАН Беларуси, доктор физико-математических наук,
Соловей Дмитрий Владимирович – старший научный сотрудник лаборатории радиационно-конвективного теплообмена Института тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, кандидат технических наук.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой энергофизики
(протокол № 12 от 23.05.2019);

Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 5 от 28.06.2019)

Заведующий кафедрой энергофизики _____ А.В. Мазаник

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины «Физика энергетических и волновых процессов» разработана для специальности 1-31 80 20 Прикладная физика.

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – изучение методов реализации новейших достижений в области энергетики на примере таких энергетических процессов, как горение, термохимическая конверсия, ядерные и термоядерные реакции, преобразование солнечной энергии, а также о физико-химических основах плазмохимических технологий

Задачи учебной дисциплины:

1. Изучить основные энергетические процессы,
2. Дать представление о физических законах, описывающих данные процессы,
3. Изучить различные способы реализации данных процессов на практике.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием (магистра).

Учебная дисциплина относится к модуль «Технические приложения теоретической физики», государственный компонент.

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др.

Изучение дисциплины «Физика энергетических и волновых процессов» основано на дисциплинах «Термодинамика и статистическая физика», «Основы тепло- и массообмена», «Техническая термодинамика», «Рациональная энергетика».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Физика энергетических и волновых процессов» должно обеспечить формирование следующих универсальных, углубленных профессиональных и специализированных компетенций:

универсальные компетенции:

УК-1 Быть способным применять методы научного познания (анализ, сопоставление, систематизация, абстрагирование, моделирование, проверка достоверности данных, принятие решений и др.) в самостоятельной исследовательской деятельности, генерировать и реализовывать инновационные идеи;

УК-2 Быть способным решать практические задачи с использованием знаний теоретической физики, вести профессиональную научно-техническую деятельность, творчески осмысливать научную, техническую и конструкторскую информацию, анализировать процесс решения научно-технических задач;

углубленные профессиональные компетенции:

УПК-3 Быть способным использовать методы теории колебаний и волн для описания реальных систем и энергетических процессов в них.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики;
- порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;
- новейшие достижения в области использования новейших методов и оборудования для получения энергии.
- экспериментальные методы исследования различных энергетических и волновых процессов.

уметь:

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных, прикладных и технологических задач;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- работать на современном, в том числе и уникальном экспериментальном оборудовании;

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- навыками грамотной обработки результатов экспериментов и сопоставления с теоретическими и литературными данными;
- навыками проектирования и оценочного моделирования энергетических установок.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в первом семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Физика энергетических и волновых процессов» отведено:

– для очной формы получения высшего образования – 108 часов, в том числе 48 аудиторных часов, из них: лекции – 28 часов, семинарские занятия – 12 часов, управляемая самостоятельная работа – 8 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Введение в дисциплину.

Тема 1.1. Понятие физико-энергетических и волновых процессов. История развития, современные тенденции. Установки для применения в научных исследованиях и технических приложениях. Получение тепловой и электрической энергии. Топливо.

Раздел 2. Горение.

Тема 2.1. Основные понятия химической кинетики: скорость реакции, простые и сложные реакции, порядок реакции и энергия активации, закон Аррениуса. Теория окисления горючих веществ, цепные реакции. Теория самовоспламенения, диаграмма Семёнова.

Тема 2.2. Методы расчёта материального баланса при горении топлив в среде воздуха, состав атмосферного воздуха. Уравнение горения. Расчёт количества воздуха, необходимого для горения. Расчёт количества и состава продуктов горения. Тепловой баланс горения: теплота горения, теплотворная способность топлива. Теоретическая температура горения, её расчёт.

Тема 2.3. Методы сжигания органического топлива. Методы интенсификации процессов горения.

Раздел 3. Термохимическая конверсия.

Тема 3.1. Процессы термохимической конверсии биомассы: термолиз, пиролиз, газификация. Физические свойства твердых, жидких и газообразных продуктов конверсии биомассы. Устройства термохимической конверсии биомассы.

Раздел 4. Ядерная энергия.

Тема 4.1. Схема деления ядер. Продукты деления ядер. Мгновенные и запаздывающие нейтроны. Спонтанное деление. Элементарная теория деления. Ядерные реакции синтеза.

Тема 4.1. Белорусская АЭС.

Раздел 5. Термоядерная энергия.

Тема 5.1. Термоядерные реакции во Вселенной и в лабораторных условиях. Проблемы создания устойчивого термоядерного синтеза.

Раздел 6. Солнечная энергия

Тема 6.1. Солнечное излучение и его характеристики. Использование солнечного излучения для производства тепловой и электрической энергии. Радиационный теплоперенос. Составляющие солнечного излучения.

Тема 6.2. Фотоэлектрический эффект. Концентраторы солнечной энергии. Перспективы развития солнечной энергетики.

Раздел 7. Приемники излучения.

Тема 7.1. Тепловые приемники излучения: принцип действия, основные виды. Болометры и термопары – наиболее распространенные виды тепловых приемников, их характеристики.

Тема 7.2. Фотоэлектрические приемники излучения. Фотоэлементы, основанные на внешнем и внутреннем фотоэффектах, принцип действия, основные характеристики. Фото-умножители. Приборы с зарядовой связью: ПЗС – линейки и матрицы.

Раздел 8. Применение лазеров.

Тема 8.1. Основные направления применения лазерного излучения в технологии. Поверхностная лазерная обработка: лазерная термообработка, получение поверхностных покрытий, поверхностное упрочнение. Лазерное напыление. Сварка. Лазерное разделение и диэлектрических материалов. Лазерное термораскалывание и резка стекла. Параметры лазерных технологических установок.

Тема 8.2. Лазерная фотохимия: разделение ионов, инициирование направленных химических реакций.

Раздел 9. Плазмохимия.

Тема 9.1. Плазмохимические системы и процессы. Баланс энергии плазмохимических процессов. Энергетическая эффективность. Влияние колебательного возбуждения реагентов. Закалка продуктов. Динамика колебательной релаксации. Акустические и слабые ударные волны. Неустойчивость разрядов в неравновесной плазмохимии.

Раздел 10. Плазмохимические процессы в неорганической химии.

Тема 10.1. Процессы разложения в плазмохимии. Диссоциация CO_2 и механизмы осуществления. Восстановление углерода. Синтез неорганических соединений. Синтез оксидов азота. Реакция синтеза NO , стимулируемая колебательным возбуждением азота. Кинетика и баланс энергии синтеза оксидов азота. Синтез оксидов азота в различных плазмохимических системах. Синтез других неорганических соединений.

Раздел 11. Плазмохимические процессы в органической химии.

Тема 11.1. Реакции углеводородов в неравновесной плазме. Окисление углеводородов. Органический синтез в смеси углерода и водорода. Перспектива получения синтетического топлива. Синтез ацетилена. Плазмохимия полимеров.

Раздел 12. Тенденции развития мировой энергетики.

Тема 12.1. Уровень потребления энергии и его роль в развитии человеческого общества. Современное состояние и структура производства энергии и потребления энергоносителей, тенденции и внутренние противоречия энергетического развития.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов						Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное	Количество часов УСП	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Введение в дисциплину	2						
1.1	Понятие физико-энергетических и волновых процессов. История развития, современные тенденции. Установки для применения в научных исследованиях и технических приложениях. Получение тепловой и электрической энергии. Топливо.	2						Устный опрос
2	Горение	4		2			2	
2.1	Основные понятия химической кинетики: скорость реакции, простые и сложные реакции, порядок реакции и энергия активации, закон Аррениуса. Теория окисления горючих веществ, цепные реакции. Теория самовоспламенения, диаграмма Семёнова.	2		2				Устный опрос
2.2	Методы расчёта материального баланса при горении топлив в среде воздуха, состав атмосферного	2						Устный опрос

	воздуха. Уравнение горения. Расчёт количества воздуха, необходимого для горения. Расчёт количества и состава продуктов горения. Тепловой баланс горения: теплота горения, теплотворная способность топлива. Теоретическая температура горения, её расчёт.									
2.3	Методы сжигания органического топлива. Методы интенсификации процессов горения.								2	Тематическая презентация
3	Термохимическая конверсия	2		2						
3.1	Процессы термохимической конверсии биомассы: термолитиз, пиролиз, газификация. Физические свойства твердых, жидких и газообразных продуктов конверсии биомассы. Устройство термохимической конверсии биомассы.	2		2						Устный опрос
4	Ядерная энергия	4		2						
4.1	Схема деления ядер. Продукты деления ядер. Мгновенные и запаздывающие нейтроны. Спонтанное деление. Элементарная теория деления. Ядерные реакции синтеза.	2		2						Устный опрос
4.2	Белорусская АЭС.	2								Устный опрос
5	Термоядерная энергия	2								
5.1	Термоядерные реакции во Вселенной и в лабораторных условиях. Проблемы создания устойчивого термоядерного синтеза.	2								Устный опрос

6	Солнечная энергия	2				2	Устный опрос
6.1	Солнечное излучение и его характеристики. Использование солнечного излучения для производства тепловой и электрической энергии. Радиационный теплоперенос. Составляющие солнечного излучения.	2				2	
6.2	Фотоэлектрический эффект. Концентраторы солнечной энергии. Перспективы развития солнечной энергетики					2	Тематическая презентация
7	Приемники излучения	2				2	Тематическая презентация
7.1	Тепловые приемники излучения: принцип действия, основные виды. Болометры и термопары – наиболее распространенные виды тепловых приемников, их характеристики.					2	
7.2	Фотоэлектрические приемники излучения. Фотоэлементы, основанные на внешнем и внутреннем фотоэффектах, принцип действия, основные характеристики. Фото-умножители. Приборы с зарядовой связью: ПЗС – линейки и матрицы.	2					Устный опрос
8	Применение лазеров	2				2	Устный опрос
8.1	Основные направления применения лазерного излучения в технологии. Поверхностная лазерная обработка: лазерная термообработка, получение поверхностных покрытий, лазерное поверхностное упрочнение. Лазерное	2					

	в различных плазмохимических системах. Синтез других неорганических соединений.									
11	Плазмохимические процессы в органической химии	2								
11.1	Реакции углеводородов в неравновесной плазме. Окисление углеводородов. Органический синтез в смеси углерода и водорода. Перспектива получения синтетического топлива. Синтез ацетилена. Плазмохимия полимеров.	2								Устный опрос
12	Тенденции развития мировой энергетики	2								
12.1	Уровень потребления энергии и его роль в развитии человеческого общества. Современное состояние и структура производства энергии и потребления энергоносителей, тенденции и внутренние противоречия энергетического развития.	2								Устный опрос

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Михайлов А.Г. Основы теории горения. Химическая термодинамика и кинетика [Текст]: учебн. пособие Омск: изд-во ОмГТУ, 2009 -84 с.
2. Гущин С.Н., Казяев М.Д. Расчеты горения топлив: Учебное пособие 1995. – 48 с.
3. Головков С.И., Коперин И.Ф., Найденов В.И. Энергетическое использование древесных отходов. – М.: Лесн. Пром-сть, 1987. – 224 с.
4. Делягин Г.Н., Лебедев В.И., Пермяков Б.А. Хаванов П.А. Теплогенерирующие установки: Учеб. Для вузов. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: ООО «ИД «БАСЛЕТ», 2010. – 624 с.
5. Хутская Н.Г., Пальченко Г.И. Энергосберегающие технологии термохимической конверсии биомассы и лигнокарбонатных отходов: Учебно-методическое пособие. – Минск, 2015. – 53 с.
6. Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика. М.: Наука, 1980.
7. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. Физика атомного ядра. М.: ЭА, 1983. 616 с.
8. Сергеев И.И. Управляемый термоядерный синтез: учебн. Пособие. Минск, 2014 – 27 с.
9. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки / Н.В. Харченко. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 208 с.
10. Гременок В.Ф. Солнечные элементы на основе полупроводниковых материалов / В.Ф. Гременок, М.С. Тиванов, В.Б. Залесский. Мн: Издательский центр БГУ, 2007. – 222 с.
11. Полак Л.С. и др. Теоретическая и прикладная плазмохимия.. М.: Наука, 1975, 304 с.
12. Полак Л.С., Синярев Г.Б., Словецкий Д.И. и др. Химия плазмы (Низкотемпературная плазма. Т.3). Новосибирск: Наука, 1991, 320 с.
13. Словецкий Д.И. Механизмы химических реакций в неравновесной плазме. М.: Наука, 1980, 310 с.
14. Русанов В.Д., Фридман А.А. Физика химически активной плазмы. М.: Наука, 1984, 415 с.
15. Пушкарев А.И., Новоселов Ю.Н., Ремнев Г.Е. Цепные процессы в низкотемпературной плазме.- Новосибирск: Наука, 2006.-226 с.
16. Михалевич А.А. Атомная энергетика: перспективы для Беларуси / А.А. Михалевич. – Минск: Беларус. Навука, 2011. – 262 с. – ISBN 978-985-08-1325-1.
17. Демтрёдер, В. Современная лазерная спектроскопия / В. Демтрёдер; пер. с англ. - Долгопрудный : Интеллект, 2014. - 1072 с.
18. Вест, Ч. Голографическая интерферометрия: Пер. с англ. – Москва: «Мир», 1982. – 504 с.

19. Хамадулин, Э. Ф. Методы и средства измерений в телекоммуникационных системах: учебное пособие [рек. УМО РФ] / Э. Ф. Хамадулин. - М. : Юрайт, 2016. - 365 с. - (Бакалавр. Академический курс).
20. Пихтин А.Н. Квантовая и оптическая электроника. М. Абрис. 2012.
21. Смирнов Е.А., Киселев А.С. Основы лазерной технологии: Учеб. Пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ, 2015.
22. Б.И. Пойзнер. Физические основы лазерной технологии. Учебное пособие, Инфра-М, 2017.
23. Русан В.И. Возобновляемая энергетика и энергоэффективность / В.И. Русан, Ю.С. Почанин, В.П. Нистюк. М.: Энергопрогресс, 2015. – 380 с.

Перечень дополнительной литературы

1. Кинетика и термодинамика химических реакций в низкотемпературной плазме. Под ред. Полака Л.С. М.: Наука, 1965, 254 с.
2. Налбандян А.Б., Воеводский В.В. Механизм окисления и горения водорода. М.: Изд-во Ан СССР, 1949, 179 с.
3. Равич М.Б. Топливо и эффективность его использования. Наука, 1971. – Наука, 1971. – 358 с.
4. Демидов П.Г., Шандыба З.А., Щеглов П.П. Горение и свойства горючих веществ. – М.: Химия, 1973. – 272 с.
5. Франк-Каменецкий Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. – М.: Наука, 1987. – 502 с.
6. Михалевич А.А. Состояние и перспективы использования альтернативных источников энергии в Беларуси / А.А. Михалевич. Избранные статьи. Биография. М.: Белорусская наука, 2018. – С. 153-160.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Оценка за устный опрос основывается на правильности ответов, а также их обоснованности.

Оценка за контрольную работу основывается на правильности выполнения заданий.

Оценка за подготовку тематической презентации основывается на полноте охвата рассматриваемого вопроса, степени учета последних мировых достижений в данной области, количестве и уровне использованных литературных источников.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Физика энергетических и волновых процессов» учебным планом предусмотрен экзамен.

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний студента. Рейтинговая оценка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Формирование оценки за текущую успеваемость:

- устный опрос – 20 %;
- контрольная работа по разделам 1-8 – 40 %

- тематические презентации – 40 %;

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и экзаменационной оценки с учетом их весовых коэффициентов. Весовой коэффициент для оценки по текущей успеваемости составляет 40 %, для экзаменационной оценки – 60 %.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

1. Рассчитать годовую выработку тепловой энергии гелиоколлектором в условиях Республики Беларусь.
2. Рассчитать годовую выработку электрической энергии панелью солнечных элементов в условиях Республики Беларусь.
3. Предложить концепцию лабораторной работы по изучению конверсии биомассы.

Примерный перечень семинарских занятий

1. Теория окисления горючих веществ, цепные реакции. Теория самовоспламенения, диаграмма Семёнова.
2. Физические свойства твердых, жидких и газообразных продуктов конверсии биомассы. Устройства термохимической конверсии биомассы.
3. Элементарная теория деления ядер. Ядерные реакции синтеза.
4. Использование солнечного излучения для производства тепловой и электрической энергии.
5. Основные применения плазмохимических систем и процессов.
6. Плазмохимический синтез различных соединений.

Темы презентаций

1. Производство тепловой и электрической энергии из биомассы.
2. Моделирование процесса горения органического топлива. Методы интенсификации процессов горения.
3. Продукты термохимической конверсии биомассы.
4. Пиролиз.
5. Кинетика разложения тяжелых углеводородов.
6. Ядерная энергетика в Республике Беларусь
7. Термоядерный синтез.
8. Получение тепловой и электрической энергии с использованием солнечного излучения в условиях Республики Беларусь. Фотоэлектрический эффект. Концентраторы солнечной энергии. Перспективы развития солнечной энергетики
9. Классификация и выбор коллекторов солнечной энергии.
10. Тепловые приемники излучения: принцип действия, основные виды
11. Плазмохимические методы в атомно-водородной энергетике и

металлургии.

12. Физическая кинетика диссоциации. Колебательная кинетика и энергетический баланс.

13. Конверсия природного газа в различных плазмохимических системах.

14. Термоионизация.

15. Плазменно-металлургические процессы.

16. Современное состояние и структура производства энергии.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины (эвристический, проективный, практико-ориентированный)

Рекомендуется использовать следующие инновационные подходы и методы к преподаванию учебной дисциплины:

1. Практико-ориентированный подход, который предполагает решение практических задач. В качестве примера задачи такого типа можно привести разработку студентами концепции установки для термохимической конверсии биомассы.

2. Метод группового обучения, предполагающий формирование малых групп, работающих над учебными заданиями.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать устные опросы, контрольную работу, тематические презентации. Для эффективной самостоятельной работы магистрантов рекомендуется применение задач различных уровней сложности. Задачи базового уровня сложности предполагают использование известных стандартных соотношений, описывающих процессы получения и преобразования энергии. Задачи более высокого уровня сложности требуют от студентов комплексного анализа проблемы с привлечением знаний из смежных областей.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Понятие физико-энергетических и волновых процессов. История развития, современные тенденции. Установки для применения в научных исследованиях и технических приложениях. Получение тепловой и электрической энергии. Топливо.

2. Основные понятия химической кинетики: скорость реакции, простые и сложные реакции, порядок реакции и энергия активации, закон Аррениуса. Теория окисления горючих веществ, цепные реакции. Теория самовоспламенения, диаграмма Семёнова.

3. Методы расчёта материального баланса при горении топлив в среде воздуха, состав атмосферного воздуха. Уравнение горения. Расчёт количества воздуха, необходимого для горения. Расчёт количества и состава продуктов горения. Тепловой баланс горения: теплота горения, теплотворная способность топлива. Теоретическая температура горения, её расчёт.
4. Методы сжигания органического топлива. Методы интенсификации процессов горения.
5. Процессы термохимической конверсии биомассы: термолиз, пиролиз, газификация. Физические свойства твердых, жидких и газообразных продуктов конверсии биомассы. Устройства термохимической конверсии биомассы.
6. Схема деления ядер. Продукты деления ядер. Мгновенные и запаздывающие нейтроны. Спонтанное деление. Элементарная теория деления. Ядерные реакции синтеза.
7. Белорусская АЭС.
8. Термоядерные реакции во Вселенной и в лабораторных условиях. Проблемы создания устойчивого термоядерного синтеза.
9. Солнечное излучение и его характеристики. Использование солнечного излучения для производства тепловой и электрической энергии. Радиационный теплоперенос. Составляющие солнечного излучения.
10. Фотоэлектрический эффект. Концентраторы солнечной энергии. Перспективы развития солнечной энергетики.
11. Тепловые приемники излучения: принцип действия, основные виды. Болометры и термопары – наиболее распространенные виды тепловых приемников, их характеристики.
12. Фотоэлектрические приемники излучения. Фотоэлементы, основанные на внешнем и внутреннем фотоэффектах, принцип действия, основные характеристики. Фото-умножители. Приборы с зарядовой связью: ПЗС – линейки и матрицы.
13. Основные направления применения лазерного излучения в технологии. Поверхностная лазерная обработка: лазерная термообработка, получение поверхностных покрытий, поверхностное упрочнение. Лазерное напыление. Сварка. Лазерное разделение и диэлектрических материалов. Лазерное термораскалывание и резка стекла. Параметры лазерных технологических установок.
14. Лазерная фотохимия: разделение ионов, инициирование направленных химических реакций.
15. Плазмохимические системы и процессы. Баланс энергии плазмохимических процессов. Энергетическая эффективность. Влияние колебательного возбуждения реагентов. Закалка продуктов. Динамика колебательной релаксации. Акустические и слабые ударные волны. Неустойчивость разрядов в неравновесной плазмохимии.
16. Процессы разложения в плазмохимии. Диссоциация CO_2 и механизмы осуществления. Восстановление углерода. Синтез неорганических соединений. Синтез оксидов азота. Реакция синтеза NO , стимулируемая

колебательным возбуждением азота. Кинетика и баланс энергии синтеза оксидов азота. Синтез оксидов азота в различных плазмохимических системах. Синтез других неорганических соединений.

17. Реакции углеводородов в неравновесной плазме. Окисление углеводородов. Органический синтез в смеси углерода и водорода. Перспектива получения синтетического топлива. Синтез ацетилена. Плазмохимия полимеров.

18. Уровень потребления энергии и его роль в развитии человеческого общества. Современное состояние и структура производства энергии и потребления энергоносителей, тенденции и внутренние противоречия энергетического развития.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Прикладные задачи в термодинамике и статистической физике	Кафедра энергофизики	Оставить без изменений	23.05.2019, протокол №12

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 201_г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
