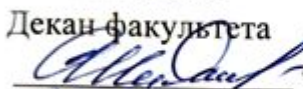


МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Факультет инновационных технологий

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  
  
"26" "08" 2019 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Физика газового разряда

Направление подготовки  
**27.03.05 Инноватика**

Направленность (профиль) подготовки:  
**«Управление инновациями в наукоёмких технологиях»**

Форма обучения  
**Заочная**

Квалификация  
**Бакалавр**

Программу составил(и)

Юдин Николай Александрович,  
профессор кафедры управления инновациями  
факультета инновационных технологий,  
доктор технических наук



подпись

Рецензент (ы)

*Солдатов Анатолий Николаевич,*  
профессор кафедры управления инновациями  
факультета инновационных технологий,  
доктор физико-математических наук



подпись

Руководитель ООП

Вусович Ольга Владимировна,  
доцент кафедры Управления инновациями,  
кандидат химических наук



подпись

Преподаватель Юдин Николай Александрович, профессор кафедры управления инновациями факультета инновационных технологий, доктор технических наук.

Рабочая программа дисциплины является обязательным приложением к основной образовательной программе «Управление качеством в производственно-технологических системах» и разработана в соответствии с *Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 27.03.02 Управление качеством* (Приказ Министерства образования и науки РФ от 09 февраля 2016 г. № 92).

Программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии факультета инновационных технологий (УМК ФИТ ТГУ) № 12 от 27.06.2019 года.

### 1. Код и наименование дисциплины

Б1.В.ДВ.08.02 Физика газового разряда

### 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Физика газового разряда входит в Блок 1. Дисциплины. Вариативная часть учебного плана ООП «Управление инновациями в наукоёмких технологиях» по направлению подготовки 27.03.05 Инноватика и является дисциплиной по выбору. Дисциплины, относящиеся к вариативной части, определяют, в том числе, направленность программы и после выбора обучающимся становятся обязательными для изучения.

### 3. Год/годы и семестр/семестры обучения.

3 курс зимняя сессия.

### 4. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия (если есть).

Для успешного освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у обучающихся в результате освоения таких дисциплин, как физика.

Формируемые в процессе изучения дисциплины компетенции являются основой для изучения дисциплин: Методы диагностики и анализа микро- и наноструктур и физико-технические основы лазерных систем.

### 5. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часа.

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа:</b>	<b>12</b>
Лекции (Л):	4
Практические занятия (ПЗ)	8
Лабораторные работы (Лаб)	-
<b>Самостоятельная работа обучающегося</b>	<b>96</b>
<b>Подготовка к экзамену (контроль)</b>	
<b>Вид промежуточно аттестации</b>	<b>зачет</b>

### 6. Формат обучения

Очный, с применением электронного обучения в системе «Электронный университет – MOODLE» <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=19803>

7. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (Соответствующая карта компетенций во вложенном файле).

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень (этап) освоения)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<p>ПК-9, I уровень</p> <p>Способность использовать когнитивный подход и воспринимать (обобщать) научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования.</p>	<p><i>Знать:</i> Основные свойства низкотемпературной плазмы и способы формирования газового разряда <i>З (ПК-9) –I</i></p> <p><i>Уметь:</i> провести сравнительную оценку различных типов газового разряда под конкретные цели и задачи инновационного проекта; спланировать и провести необходимый эксперимент; использовать компьютер для обработки экспериментальных данных; готовить научно-технические отчеты по результатам выполненной работы <i>У(ПК-9) –I</i></p> <p><i>Владеть:</i> методами контроля и измерения характеристик низкотемпературной плазмы и газового разряда; навыками работы с современной измерительной техникой и сопутствующими программными продуктами. <i>В (ПК-9) –I</i></p>

## 8. Содержание дисциплины и структура учебных видов деятельности

### 8.1. Общая структура дисциплины учебных видов деятельности

№ п/п	Наименование разделов и (или) тем	Всего (час.)	Л (час.)	ПЗ (час.)	Лаб (час.)	СРС (час.)	Иное (час.)
1.	Общие сведения о плазме	6	0,5	1		2	
2.	Элементарные процессы в плазме	8	0,5	1		2	
3.	Релаксация импульса и энергии. Проводимость плазмы.	6	0,5	1		2	
4.	Формула Саха	8	0,5	1		2	
5.	Кинетика и механизм газофазных реакций	6	0,5	1		2	

6.	Столкновительные процессы	6	0,5	1		2	
7.	Столкновительные процессы	6	0,5	1		2	
8.	Излучательные процессы в низкотемпературной плазме	6	0,5	1		2	
9.	Движение заряженных частиц в газе и плазме	6				8	
10.	Типичные разряды в постоянном электрическом поле	6				8	
11.	Механизмы пробоя газа	6				8	
12.	Тлеющий разряд: феноменологическое описание	6				9	
13.	Неустойчивости тлеющего разряда	6				9	
14.	Дуговой разряд	6				9	
15.	Разряды в переменных полях	6				9	
16.	Импульсно-периодические разряды	6				10	
17.	Явления на поверхности	8				10	
	<b>Итого:</b>	<b>108</b>	<b>4</b>	<b>8</b>		<b>96</b>	

## 8.2. Содержание дисциплины

### Раздел 1. Физика низкотемпературной плазмы

**Тема 1.1.** Общие сведения о плазме. Идеальность. Вырождение. Квазинейтральность.

**Тема 1.2.** Упругое соударение (взаимодействие). Неупругое взаимодействие (соударение). Эффективные сечения взаимодействия. Кулоновские столкновения. Кулоновский логарифм.

**Тема 1.3.** Релаксация импульса и энергии. Динамика установления равновесной функции распределения. Выравнивание электронной и ионной температур. Проводимость плазмы. Убегание электронов.

**Тема 1.4.** Степень ионизации термодинамически равновесной плазмы. Формула Саха.

**Тема 1.5.** Простые реакции, константы равновесия. Сложные реакции. Вращательная и колебательная релаксация.

**Тема 1.6.** Упругие столкновения и перезарядка. Ионизация электронным ударом и ударная рекомбинация. Ионизация тяжелыми частицами и тройная рекомбинация. Пенинговская ионизация.

**Тема 1.7.** Отрицательные ионы. Принцип Франка – Кондона. Ассоциативная ионизация (Механизмы образования молекулярных ионов). Механизм диссоциативной рекомбинации. Состояние продуктов диссоциативной рекомбинации. Сравнение скоростей рекомбинации.

**Тема 1.8.** Роль излучения в низкотемпературной плазме, классификация переходов. Тормозное излучение и поглощение. Спонтанные и вынужденные переходы. Коэффициенты Эйнштейна. Связь макроскопического показателя поглощения с

коэффициентами Эйнштейна. Линейчатое излучение. Вероятность перехода. Сила осциллятора.

**Тема 1.9.** Движение заряженных частиц в газе и плазме. Хаотическое движение ионов и электронов. Направленное движение заряженных частиц под действием электрического поля (дрейф). Подвижность электронов. Подвижность ионов. Направленное движение заряженных частиц под действием градиента концентрации (диффузия). Диффузия частиц одного знака заряда. Амбиполярная диффузия.

## **Раздел 2. Физика газового разряда**

**Тема 2.1.** Типичные разряды в постоянном электрическом поле. Первый коэффициент Таунсенда. Цена ионизации. Электронная лавина. Серия лавин.

**Тема 2.2.** Таунсендовский пробой. Закон Пашена. Стримерный пробой. Роль фотоионизации в развитии разряда. Переход пробоя от одного типа к другому. Искра. Пробой длинных промежутков: молния. Коронный разряд.

**Тема 2.3.** Тлеющий разряд: феноменологическое описание. Формирование катодного слоя. Аномальный тлеющий разряд. Характерные параметры тлеющего разряда. Положительный столб тлеющего разряда.

**Тема 2.4.** Неустойчивости тлеющего разряда. Ионизационно-перегревная неустойчивость. Контракция положительного столба. Импульсный диффузный разряд в газах повышенного давления. Плазма электроотрицательных газов и прилипательная неустойчивость. Страты.

**Тема 2.5.** Характеристики дуговых разрядов. Типы дуговых разрядов. Дуга с горячим катодом. Вакуумная дуга и катодные пятна. Положительный столб дуги высокого давления. Формирование электродных струй.

**Тема 2.6.** Разряды в переменных полях: параметры подобия. Высокочастотный индукционный разряд. Высокочастотный емкостной разряд.

**Тема 2.7.** Импульсно-периодические разряды. Формирование импульсно-периодического разряда в парах металлов: электроды в горячей зоне разрядного канала и холодных буферных зонах. Фантомный ток.

**Тема 2.8.** Явления на поверхности: поверхность как источник примесей. Распыление поверхности тяжелыми частицами. Вторичная ионно-электронная эмиссия. Поверхностная ионизация.

## **9. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Учебно-методическое обеспечение по дисциплине включает:

- конспекты лекций, написанные обучающимся
- учебную (основную и дополнительную) литературу
- методические указания по освоению дисциплины
- рабочая тетрадь для записи лекций, практических занятий
- комплект оценочных средств для текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся;
- критерии оценки знаний, умений, навыков, практического опыта по всем видам контроля знаний у обучающихся.

## **9.1. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Программа дисциплины предусматривает контактную работу (аудиторная, внеаудиторная) и самостоятельную работу обучающихся.

Аудиторная контактная работа обучающихся – это работа обучающихся по освоению дисциплины, выполняемая в учебных помещениях НИ ТГУ (аудиториях, лабораториях, компьютерных классах и т.п.) при непосредственном участии преподавателя, в том числе с применением дистанционных образовательных технологий, согласно расписанию учебных занятий и экзаменационной сессии.

По дисциплине предусмотрены следующие основные виды аудиторной контактной работы: лекции. Внеаудиторная контактная работа - контактная работа в период теоретического обучения (Крто), в которую входят групповые и/или индивидуальные консультации обучающихся во время теоретического обучения, сдача зачета.

Изучать курс рекомендуется в соответствии с той последовательностью, которая обозначена в рабочей программе. Все темы взаимосвязаны и позволяют студентам постепенно осваивать теорию и практику.

### **Лекции**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана. На лекциях излагается основной теоретический материал курса. На первой лекции лектор предупреждает студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс. Лекции проходят в очном формате с применением ДОТ посредством технологии организации онлайн-встреч (вебинаров) и совместной работы в режиме реального времени через Интернет в ЭУ «Moodle».

### **Самостоятельная работа**

Учебный процесс в высшем учебном заведении в значительной степени строится на самостоятельной работе студентов, без которой трудно в полной мере овладеть сложным программным материалом и научиться в дальнейшем постоянно совершенствовать приобретенные знания и умения.

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование электронной информационно-образовательной среды (ЭИОС) и

материально-технических ресурсов НИ ТГУ. ЭИОС университета для выполнения самостоятельной работы студента включает: электронный университет «MOODLE», сайт научной библиотеки ТГУ.

Выполнение самостоятельной работы студентом усиливает мотивацию к аудиторной и внеаудиторной активности, что обеспечивает необходимый уровень знаний по изучаемой дисциплине и позволяет повысить готовность студентов к аттестации по дисциплине.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы: аудиторная и внеаудиторная. Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию в часы аудиторной работы. Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия и предполагает: *(СРС планируется исходя из количества отведённых часов на СРС по каждой теме и должно соответствовать п. 8.1)*

изучение лекций и качественную подготовку ко всем видам учебных занятий;  
изучение основной и дополнительной литературы по предмету, использование ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет;  
выполнение индивидуальных заданий по курсу;  
подготовку к текущему контролю и промежуточной аттестации

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов проходит в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиважнейшему средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просмотреть основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнить задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- выполнить индивидуальные задания по указанию преподавателя.

Правила самостоятельной работы с литературой: при работе с книгой необходимо подобрать литературу, научиться правильно ее читать, вести записи. Важно помнить, что рациональные навыки работы с книгой - это всегда большая экономия времени и сил. Правильный подбор литературы рекомендуется преподавателем и приводится в п. 11.

Изучая материал по учебнику, следует переходить к следующему вопросу только после правильного уяснения предыдущего, описывая в тетраде все выкладки и тезисы (в том числе те, которые в учебнике опущены или на лекции даны для самостоятельного вывода). Особое внимание следует обратить на определение основных понятий курса. Студент должен подробно разбирать примеры, которые поясняют такие определения, и уметь строить аналогичные примеры самостоятельно. Нужно добиваться точного представления о том, что изучаешь. Полезно в тетради (на специально отведенных полях) дополнять конспект. Опыт показывает, что многим студентам помогает составление листа



опорных сигналов, содержащего важнейшие и наиболее часто употребляемые понятия и положения. Такой лист помогает запомнить основные положения лекции, а также может служить постоянным справочником для студента.

Различают два вида чтения: первичное и вторичное. Первичное - это внимательное, неторопливое чтение, при котором можно остановиться на трудных местах. После него не должно остаться ни одного непонятого слова. Содержание не всегда может быть понятно после первичного чтения. Задача вторичного чтения - полное усвоение смысла прочитанного в целом (по счету это чтение может быть и не вторым, а третьим или четвертым). Самостоятельная работа с учебниками и книгами (а также самостоятельное теоретическое исследование проблем, обозначенных преподавателем на лекциях) – это важнейшее условие формирования у себя теоретических знаний и практических навыков.

Если во время выполнения обучающимися внеаудиторной самостоятельной работы у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю за консультацией для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах студент должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. Групповые и(или) индивидуальные консультации проводятся по расписанию. Расписание консультаций можно уточнить у преподавателя либо на кафедре, а также в электронном курсе в «Moodle».

Групповые и индивидуальные консультации могут проводить очно либо посредством технологии организации онлайн-встреч (вебинаров) и совместной работы в режиме реального времени через Интернет в Электронном университете «Moodle».

В процессе изучения дисциплины предусмотрены несколько форм контроля. Оценка знаний, умений и навыков деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций по дисциплине, проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Итоговая оценка по дисциплине проставляется за прохождение контрольного испытания (сдача зачета) в устной форме по билетам, которые содержат два теоретических вопроса.

Текущий контроль проводится в форме: Тест, промежуточная аттестация: Зачет.

Методические рекомендации по выполнению всех форм текущего контроля представлены в Фонде оценочных средств.

При подготовке к зачёту вначале следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться.

## **10. Форма промежуточной аттестации и фонд оценочных средств**

Форма промежуточной аттестации: зачёт.

Для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений создан фонд оценочных средств по дисциплине, включающий оценочные и методические материалы, позволяющие оценивать знания, умения, навыки и уровень приобретенных компетенций.

Типовые контрольные задания, используемые для оценки результатов обучения и характеризующие этапы формирования соответствующих компетенций, представлены в фонде оценочных средств.

Карты компетенций и критерии оценивания представлены в Фонде оценочных средств.

## **11. Ресурсное обеспечение**

### **11.1 Литература и учебно-методическое обеспечение**

*Основная литература:*

1. Ю.П. Райзер. Физика газового разряда. – Долгопрудный. Интеллект. – 2009. – 734 с
2. Основы физики плазмы /Ж. А. Биттенкорт ; пер. с англ. под общ.ред. Л. М. Зеленого ; ред. пер. А. М. Садовский. –Москва : Физматлит. – 2009. – 583 с

*Дополнительная литература:*

1. Б.М. Смирнов. Физика слабоионизованного газа. – М.: Наука. – 1978
2. Князев Б.А. Низкотемпературная плазма и газовый разряд: Учебное пособие / Новосибирский государственный университет. Новосибирск

### **11.2 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет, в т.ч. информационные справочные системы**

#### **Базы данных и информационно-справочные системы**

- ЭБС «Лань» <https://e.lanbook.com/>.
- ЭБС «Консультант студента» <https://www.studentlibrary.ru/>.
- ЭБС «Юрайт» <https://urait.ru/>.
- ЭБС ZNANIUM.com <https://znanium.com/>.

### **11.3 Описание материально-технической базы**

Образовательный процесс по дисциплине обеспечивается в специальных помещениях:

учебные аудитории для проведения учебных занятий всех видов; групповых и индивидуальных консультаций; проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;

помещения для самостоятельной работы;

Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью (рабочее место преподавателя, комплекты учебной мебели для обучающихся, маркерная доска и (или) доска флипчарт), оборудованием и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

#### **Оборудование и технические средства обучения**

Для проведения лекций, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации необходима аудитория, оснащенная оборудованием и техническими средствами обучения: компьютер преподавателя или ноутбук с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НИ ТГУ, мультимедиа-проектор, широкоформатный экран (телевизор), акустическая система (для отображения презентаций).

Для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации необходима аудитория, оснащенная оборудованием и техническими средствами обучения: компьютер преподавателя (ноутбук), мультимедиа-проектор, широкоформатный экран (телевизор), акустическая система (для отображения презентаций).

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации необходима аудитория, оснащенная оборудованием и техническими средствами обучения: компьютер преподавателя (ноутбук), мультимедиа-проектор, широкоформатный экран, акустическая система.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечивающие доступ к электронной образовательной среде НИ ТГУ.

#### **Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства**

Для проведения лекционных и практических занятий необходимо лицензионное обеспечение: ОС Windows 10 Pro, Microsoft Office стандартный 2010, Dr. Web Desktop Security Suite, браузер последней версии.

Для проведения практически занятий необходимо лицензионное программное обеспечение: ОС Windows 10 Pro, Microsoft Office стандартный 2010, Dr. Web Desktop Security Suite, браузер последней версии.

#### **12. Язык преподавания – русский.**