

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»  
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет  
Кафедра радиофизики**



**Рабочая программа дисциплины  
ИМПУЛЬСНАЯ ТЕХНИКА**

направление подготовки: **03.03.02 Физика**  
направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения: **Очная**

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	72	24			26	18	2			2
Всего 72 часа / 2 зачетные единицы из них: - контактная работа 28 часов Компетенции ПК-1										

Ответственный за образовательную программу д.ф.-м.н., проф.

Цыбуля С. В.

Новосибирск 2022

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы. ....	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	4
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.....	5
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	5
5. Перечень учебной литературы .....	7
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся. ....	7
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины. ....	8
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине. ....	8
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	8
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине .....	8

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Дисциплина «Импульсная техника» имеет своей целью ознакомить с современной импульсной техникой, используемыми в ней компонентами, научить производить правильные расчеты узлов электронных схем, дать студентам общее представление об использовании импульсных устройств в ускорительной и производственной технике. В нем изложены основные понятия, используемые для описания процессов в импульсных цепях, методы анализа и обработки импульсных сигналов. Курс знакомит студентов с элементной базой, используемой в импульсной технике, приведены примеры использования элементов в схемах, предназначенных для практического применения на современных ускорительных и промышленных установках.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующей профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<p><b>ПК-1</b> Способность использовать специализированные знания в области физики при построении теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования</p>	<p><b>ПК 1.1</b> Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.</p> <p><b>ПК 1.2</b> Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области.</p>	<p><b>Знать</b> физические процессы, происходящие в импульсных цепях, знать принципы работы элементов импульсных схем; принципы работы радиоизмерительной аппаратуры; методику проведения радиоизмерений; методы анализа электронных устройств с точки зрения их конкретного использования – с учетом особенностей работы полупроводниковых приборов и микросхем в различных режимах и частотных диапазонах их применения.</p> <p><b>Уметь</b> произвести анализ работы импульсного устройства и расчет элементов его схемы; подготовить аппаратуру к проведению эксперимента и проводить эксперимент; пользоваться современными измерительными приборами; оценивать результаты, проведенного исследования; использовать полученные знания в области электроники и импульсной техники для анализа и расчёта элементов и узлов электронных схем, используемых в физических экспериментах; правильно представлять процессы, протекающие в электрических цепях.</p> <p><b>Владеть</b> навыками работы с учебной и научной литературой; навыками поиска пра-</p>

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
		вильного схемотехнического подхода и выбора нужной элементной базы, пользуясь справочными материалами, для решения той или иной экспериментальной задачи.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Основная цель дисциплины – приобретение студентами теоретических знаний, и навыков современного практического применения импульсных устройств, которые необходимы физику-экспериментатору. Дисциплина нацелена на формирование устойчивой системы знаний о способах накопления и преобразования электрической энергии и умений анализировать вопросы практической реализации накопителей энергии.

В лекциях изложены основные понятия, используемые для описания процессов в импульсных цепях, методы анализа и обработки импульсных сигналов. Курс знакомит студентов с элементной базой, используемой в импульсной технике, приведены примеры использования элементов в схемах. Цель курса – дать студентам представление об оптимальном выборе и использовании импульсных устройств для конкретных целей. Приобретенные знания, умения и навыки позволят подготовить выпускника к научно-исследовательской деятельности, в том числе в междисциплинарных областях, связанных с математическим моделированием процессов в электроэнергетических системах и объектах, проведением экспериментальных исследований и анализом их результатов; познакомить со способами расчета, анализа и проектирования электроэнергетических элементов, объектов и систем с использованием современных средств автоматизации проектных разработок, а также к самостоятельному обучению и освоению новых знаний и умений для реализации своей профессиональной карьеры.

Дисциплина «Импульсная техника» опирается на следующие дисциплины данной ООП:

- Математический анализ;
- Дифференциальные уравнения;
- Электричество и магнетизм;
- Электродинамика;
- Радиоэлектроника;
- Практикум по радиоэлектронике;
- Теория линейных электронных схем;
- Статистическая радиофизики;
- Циклические ускорители;
- ЭВМ.

Результаты освоения дисциплины используются в следующих дисциплинах данной образовательной программы:

- Теория сигналов.

Освоение дисциплины необходимо при подготовке и выполнении выпускной квалификационной работы.

**3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.**

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	72	24			26	18	2			2
Всего 72 часа / 2 зачетные единицы из них: - контактная работа 28 часов										
Компетенции ПК-1										

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лекции, самостоятельная работа студента и её контроль, консультации, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль успеваемости: в форме коллоквиума и дискуссии на заданные темы.

Промежуточная аттестация: экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 2 зачетные единицы / 72 академических часа.

- занятия лекционного типа – 24 часа;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 26 часов;
- промежуточная аттестация (подготовка к коллоквиуму, консультации перед экзаменом, экзамен) – 22 часа;

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, групповые консультации, экзамен) составляет 28 часов.

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием от-ведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий**

Дисциплина «Импульсная техника» представляет собой полугодовой курс, читаемый на 4-м курсе физического факультета НГУ в 8 семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачётных единицы, 72 академических часа.

В первых главах курса студенты знакомятся с понятием импульсной техники, видами импульсных сигналов и методам их обработки и анализа. В следующих главах курс дает представление об основных элементах, используемых в импульсных устройствах – трансформаторах, длинных линиях, нелинейных полупроводниковых приборах, элементах цифровых схем. Приводятся примеры применения элементов в импульсных схемах. В курсе содержится глава, посвященная импульсным источникам питания – их разновидностям, принципам работы и конкретному применению.

Курс носит прикладной характер, что упрощает восприятие студентами материала.

Аналогичные дисциплины, существуют в НГТУ города Новосибирска, на физическом факультете МГУ и других вузах в нашей стране и за рубежом.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы	Сам. работа в течение семестра (не включая период сессии)	
				Лекции		
1	2	3	4	5	6	9
1	<i>Введение</i>	1	2	2		
2	<i>Преобразования импульсов в линейных электрических цепях</i>	2	4	2	2	
3	<i>Импульсные трансформаторы.</i>	3,4	6	2	4	
4	<i>Длинные линии</i>	5,6	6	2	4	
5	<i>Нелинейные преобразования импульсных сигналов.</i>	7,8	6	2	4	
6	<i>Импульсные ключи</i>	9,10	6	4	2	
7	<i>Базовые элементы цифровых интегральных схем.</i>	11,12	6	2	4	
8	<i>Генераторы импульсных сигналов</i>	13	3	2	1	
9	<i>Импульсные источники питания. Широтно-импульсная модуляция.</i>	14	3	2	1	
10	<i>Измерения импульсных сигналов.</i>	15	4	2	2	
11	<i>Приборы для измерения импульсных сигналов. АЦП.</i>	16	4	2	2	
12	Групповая консультация		2			2
13	Самостоятельная подготовка обучающегося к экзамену		18			18
14	Экзамен		2			2
	Итого:		<b>72</b>	<b>24</b>	<b>26</b>	<b>22</b>

## Программа и основное содержание лекций (32 часа)

### *Введение (2 часа)*

Виды импульсных сигналов. Области применения импульсных сигналов. Спектры импульсных сигналов.

### *Преобразования импульсов в линейных электрических цепях (2 часа)*

Интегрирование и дифференцирование. Схемотехническая реализация интегрирования и дифференцирования. Фильтры для импульсных сигналов.

### *Импульсные трансформаторы (2 часа)*

Устройство и принцип работы трансформатора. Частотная характеристика трансформатора. Материалы для магнитопроводов. Расчет трансформаторов с магнитопроводами. Пример расчета силового трансформатора импульсного источника питания. Пример расчета высокочастотного трансформатора для передачи импульсных сигналов. Трансформаторы тока.

### *Длинные линии (2 часа)*

Распространение сигнала по длинной линии. Отражение волн в кабеле. согласование нагрузки. Преобразования импульсов с применением коаксиальных кабелей. Кабельные трансформаторы с магнитопроводами. Искусственные линии.

**Нелинейные преобразования импульсных сигналов (2 часа)**

Базовые элементы нелинейных схем. Диоды. Биполярные транзисторы. полевые транзисторы. Операционные усилители. Схемы на ОУ. Операционные схемы на ОУ. Компараторы. Оптические передатчики и приемники.

**Импульсные ключи (4 часа)**

Ключи на биполярных транзисторах. Ключи на полевых транзисторах. Биполярные транзисторы с изолированным затвором. Тиристорный ключ.

**Базовые элементы цифровых интегральных схем (2 часа)**

Диодно-транзисторная логика. Транзисторно-транзисторная логика. Эмиттерно-связанная логика. КМОП-логика. аналоговые ключи.

**Генераторы импульсных сигналов (2 часа)**

Генераторы на логических элементах. Генераторы одиночных импульсов (одновибраторы). Релаксационный генератор на операционном усилителе. Интегральный таймер 555.

**Импульсные источники питания. Широтно-импульсная модуляция (2 часа)**

ЦАП ПКС. Типы ключевых преобразователей. Стабилизация напряжения импульсного преобразователя.

**Измерения импульсных сигналов (2 часа)**

Делители напряжения. Датчики тока. Бесконтактный измеритель тока на основе датчика Холла.

**Приборы для измерения импульсных сигналов. АЦП (2 часа)**

Осциллографы на основе электронно-лучевой трубки. АЦП. Цифровые осциллографы.

**Самостоятельная работа студентов (44 часа)**

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Изучение литературы по пройденным темам	12
Подготовка к коллоквиуму	14
Подготовка к экзамену	18

**5. Перечень учебной литературы**

1. *Ращенко В.В.* Курс лекций «Импульсная техника» для студентов 4 курса кафедры радиофизики. (свободный доступ) <http://www.inp.nsk.su/students/radio/lectures/Pulse/>

2. *Хоровиц П., Хилл У.* «Искусство схемотехники», Москва, «Мир», 1993, ISBN 5-03-002336-4

3. *Шило В.Л.* «Популярные цифровые микросхемы» справочник. Челябинск, «Металлургия», 1989, ISBN 5229006021 (5 экз.)

**Интернет ресурсы:**

<http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/publ/igbt/tiristor.htm>

**6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.**

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими учебными пособиями:

1. Курс лекций «Импульсная техника» для студентов 4 курса кафедры радиофизики.  
<http://www.inp.nsk.su/students/radio/lectures/Pulse/>

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для реализации дисциплины «Импульсная техника» используются учебные аудитории для проведения лекций, текущего контроля, промежуточной аттестации.

1. Учебные аудитории для проведения лекций, текущего контроля, промежуточной аттестации (укомплектованы техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории).

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

## **10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине**

### ***Текущий контроль***

Текущий контроль: в течение семестра проводится коллоквиум по пройденным темам. Ведется контроль посещаемости и активности. Лекции проводятся в «интерактивном» режиме – в ходе изложения материала студентам задаются вопросы.

### ***Промежуточная аттестация: экзамен***

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на экзамене. Экзамен проводится в конце семестра в экзаменационную сессию по билетам в устной форме. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-1.

Тексты заданий формируются и утверждаются в установленном порядке за шесть месяцев до проведения промежуточной аттестации.

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Положительная оценка ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Для получения оценки «отлично» нужно ответить на оба вопроса билета и выполнить дополнительное задание (несложная задача). Для оценки «хорошо» необходимо дать правильный ответ на оба вопроса билета, либо один вопрос и дополнительное задание. Для получения оценки



«удовлетворительно» требуется дать ответ хотя бы на один вопрос билета (пороговый уровень освоения компетенций). При невыполнении минимальных требований для получения положительной оценки студент получает «неудовлетворительно».

### Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
<p><b>ПК 1.1</b> Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.</p>	<p><b>Знать</b> физические процессы, происходящие в импульсных цепях, знать принципы работы элементов импульсных схем; принципы работы радиоизмерительной аппаратуры; методику проведения радиоизмерений; методы анализа электронных устройств с точки зрения их конкретного использования – с учетом особенностей работы полупроводниковых приборов и микросхем в различных режимах и частотных диапазонах их применения.</p> <p><b>Уметь</b> произвести анализ работы импульсного устройства и расчет элементов его схемы; подготовить аппаратуру к проведению эксперимента и проводить эксперимент; пользоваться современными измерительными приборами; оценивать результаты, проведенного исследования; использовать полученные знания в области электроники и импульсной техники для анализа и расчёта элементов и узлов электронных схем, используемых в физических экспериментах; правильно представлять процессы, протекающие в электрических цепях.</p>	<p>Обсуждение по пройденным темам, экзамен.</p>
<p><b>ПК 1.2</b> Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области</p>	<p><b>Владеть</b> навыками работы с учебной и научной литературой; навыками поиска правильного схемотехнического подхода и выбора нужной элементной базы, пользуясь справочными материалами, для решения той или иной экспериментальной задачи.</p>	<p>Обсуждение по пройденным темам, экзамен.</p>

## 10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Импульсная техника».

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ПК 1.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ПК 1.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.

## 10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

### Примеры вопросов для коллоквиума:

1. Интегрирование и дифференцирование импульсных сигналов.
2. Параметры импульсных трансформаторов.
3. Примеры импульсных устройств с использованием длинных линий.
4. Нелинейные элементы импульсных схем. Их параметры.

### Перечень вопросов к экзамену по дисциплине «Импульсная техника»:

1. Виды импульсных сигналов. Параметры прямоугольного импульса.
2. Спектры импульсных сигналов.
3. Интегрирование и дифференцирование импульсных сигналов. Преобразования спектра.
4. Схемотехника интегрирующих и дифференцирующих цепей. Интегратор на ОУ.
5. Фильтры импульсных сигналов. Типы фильтров. Их АЧХ и ФЧХ.
6. Импульсные трансформаторы: Закон Фарадея. Эквивалентная схема трансформатора.
7. Рабочая полоса частот трансформатора.
8. Трансформаторы тока. Эквивалентная схема.
9. Магнитные материалы, используемые в трансформаторах. Их параметры.
10. Факторы, влияющие на потери в трансформаторах.
11. Пример расчета силового трансформатора.
12. Пример расчета сигнального ВЧ трансформатора.
13. Длинные линии. Параметры длинной линии.
14. Отражения от длинных линий. Коэффициент отражения.
15. Примеры применения длинных линий.

16. Формирователь прямоугольных импульсов на длинной линии
17. Нелинейные элементы. Диод, биполярный транзистор, полевой транзистор, IGBT, тиристор.
18. Операционные усилители. Схемы усилителей на ОУ.
19. Параметры больших и малых сигналов ОУ.
20. Операционные схемы на ОУ.
21. Компараторы. ПОС в компараторе.
22. Оптроны. Волоконная оптика.
23. Логические элементы: ТТЛ, ЭСЛ логика.
24. Логические элементы. КМОП логика, аналоговые ключи.
25. Примеры генераторов на логических элементах.
26. Интегральный таймер 555.
27. ЦАП-ПКС. Получение ШИМ-сигнала.
28. Типы ключевых преобразователей.
29. Делители напряжения. Компенсированный делитель.
30. Измерители тока. Шунт, трансформатор тока, измеритель тока на датчике Холла (LEM).
31. АЦП интегрирующего типа.
32. Быстрые АЦП. Одно- и двухтактные АЦП.

### **Примеры тестовых вопросов и задач к экзамену:**

1. Построить фильтр НЧ второго порядка с заданной частотой среза.
2. Рассчитать необходимое число витков первичной обмотки импульсного трансформатора блока питания для сердечника с заданной геометрией.
3. Рассчитать схему усилителя на ОУ с заданными параметрами.
4. Нарисовать схему и рассчитать измерительный делитель напряжения для измерения импульсного сигнала с заданными параметрами.

### **Примеры экзаменационных билетов:**

#### **Билет №1**

1. Виды импульсных сигналов. Параметры прямоугольного импульса
2. Нелинейные элементы. Полевой транзистор, IGBT.
3. Тестовый вопрос или задача.

#### **Билет №2**

1. Спектры импульсных сигналов.
2. Нелинейные элементы. IGBT, тиристор.
3. Тестовый вопрос или задача.

#### **Билет №3**

1. Интегрирование и дифференцирование импульсных сигналов. Преобразования спектра.
2. Операционные усилители. Схемы усилителей на ОУ.
3. Тестовый вопрос или задача.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы  
по дисциплине «Импульсная техника»  
по направлению подготовки 03.03.02 Физика  
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Ученого совета НГУ	Подпись ответственного