

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»**

**Физический факультет
Кафедра физики элементарных частиц**



ПРЕДПОЛАГАЮ
Декан ФФ, д.ф.-м.н
В.Е.Блинов
2022 г.

Рабочая программа дисциплины
ЯДЕРНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

**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	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференциро	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6	72	16	16		18	18	2			2
Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 36 часов										
Компетенции ПК-1										

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

С.В. Цыбуля

Новосибирск, 2022

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.	3
2. Место дисциплины в структуре бакалаврской 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.	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	5
5. Перечень учебной литературы.	8
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.....	9
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	9
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	9
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	10
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	10

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

Цели дисциплины – дать студентам основы по устройству и применению электроники в современных экспериментах по физике элементарных частиц.

Для достижения поставленной цели выделяются задачи курса

- Изучение пути прохождения информации о физическом событии от детектора до компьютера.
- Обучение методам измерения параметров сигналов с детекторов.
- Изучение различных видов информации о физическом событии и способов ее преобразования.
- Изучение методов отбора полезных событий, работы системы сбора данных и триггера и способы их проверки.

Дисциплина нацелена на формирование у обучающегося профессиональной компетенции (ПК):

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1 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>ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.</p> <p>ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области</p> <p>ПК 1.3. Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования</p>	<p>Знать структуру и схемы построения систем сбора данных, понимать логику работы всех ее составных элементов, современную литературу по тематике курса «Ядерная электроника»; знать базовые элементы систем сбора данных для детекторов элементарных частиц как в области аналоговой, так и цифровой электроники, а также аналого-цифрового преобразования.</p> <p>Уметь построить схему сбора информации для основных типов детекторов (таких как сцинтилляционные счетчики, ионизационные, пропорциональные и дрейфовые камеры и т.д.); уметь применять знания по ядерной электронике для создания канала регистрации детектора элементарных частиц;</p> <p>Владеть методами получения информации с детектора, современными способами регистрации физических события и методами отбора полезных данных; владеть основными методами</p>

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
		обработки информации с детекторов элементарных частиц, методов отбора полезных событий для систем сбора данных.

2. Место дисциплины в структуре бакалаврской программы

Дисциплина «Ядерная электроника» является одной из дисциплин по выбору по направлению подготовки **03.03.02 Физика**, направленность «Общая и фундаментальная физика». Дисциплина «Ядерная электроника» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата. Дисциплина должна предшествовать выполнению бакалаврского диплома т.к. дает студенту необходимые знания, навыки и предоставляет инструменты для выполнения исследований в области физики элементарных частиц в рамках подготовки его квалификационной работы.

Для освоения материала необходимо предшествующее успешное освоение курса «Введение в физику высоких энергий» для студентов 3-го курса кафедры ФЭЧ.

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.

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	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференциальный экзамен	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6	72	16	16		18	18	2			2
Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 36 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, практические занятия, самостоятельная работа студента, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: решение задач из задания для самостоятельного решения.

Промежуточная аттестация: экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 2 зачетные единицы.

- Лекции – 16 часов
- Практические занятия – 16 часов;
- самостоятельная работа в течение семестра, не включая период сессии – 18 часов;
- промежуточная аттестация (подготовка к сдаче экзамена, консультации и экзамен) – 22 часа;

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, групповые консультации, экзамен) составляет 36 часов.

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

Дисциплина «Ядерная электроника» представляет собой полугодовой курс, читаемый на 4-ом курсе бакалавриата физического факультета НГУ в весеннем семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

№ 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	Практические занятия		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Аналоговая электроника	1-3	10	3	3	4	
2	Цифровая электроника	4-7	13	4	4	5	
3	Аналого-цифровое преобразование	8-10	10	3	3	4	
4	Стандарты в ядерной электронике	11-12	6	2	2	2	
5	Системы сбора данных	13-14	6	2	2	2	

6	Электронные тракты регистрации некоторых распространенных детектирующих устройств	15-16	5	2	2	1	
7	Групповая консультация перед экзаменом		2				2
8	Самостоятельная подготовка обучающегося к экзамену		18				18
9	Экзамен		2				2
10	Всего		72	16	16	18	22

План лекционных занятий

1. Аналоговая электроника (3 часа):
 - Преобразование и обработка аналоговой информации.
 - Электрический импульс.
 - Передача, задержка, коммутация аналоговых сигналов.
 - Усилители, усилители-формирователи.
2. Цифровая электроника (4 часа):
 - Представление, преобразование и обработка цифровой информации. Цифровые коды.
 - Основные серии цифровых ИС.
 - Уровни электрических сигналов.
 - Базовые логические элементы.
 - Триггеры.
 - Шифраторы и дешифраторы.
 - Счетчики.
3. Аналого-цифровое преобразование (3 часа):
 - Цифро-аналоговые преобразователи.
 - Аналого-цифровое преобразование (АЦП).
 - Типы АЦП (FADC, АЦП уравнивания, время-импульсного типа, интегрирующего типа, конвейерные АЦП).
4. Стандарты в ядерной электронике (2 часа):
 - Общее представление о стандартах электроники для физических экспериментов
 - Стандарт NIM.
 - Стандарт САМАС (шина, NAF, цикл шины). Контроллер крейта (КК) САМАС. Модули САМАС.
5. Системы сбора данных (ССД) (2 часа):
 - Структура ССД.
6. Электронные тракты регистрации некоторых распространенных детектирующих устройств (2 часа):
 - Типы информации (битовая, временная, амплитудная).
 - Электронный тракт регистрации ионизационных камер.

План практических занятий

1. Аналоговая электроника (3 часа):

- Амплитудные дискриминаторы.
 - Устройства временной привязки.
 - Схемы совпадений и антисовпадений.
2. Цифровая электроника (4 часа):
 - Регистры.
 - Сумматоры.
 - Множительные устройства.
 - Мажоритарные логические схемы.
 3. Аналого-цифровое преобразование (3 часа):
 - Измерение временных интервалов (методом прямого счета, хронотрон, верньерный (нониусный) метод, преобразователи время-амплитуда (ВАП), временной экспандер, широкодиапазонный временной измеритель).
 - Измерение зарядов и амплитуд импульсов.
 - Измерение формы импульсов.
 4. Стандарты в ядерной электронике (2 часа):
 - VME
 - FASTBUS
 - ATCA.
 5. Системы сбора данных (ССД) (2 часа):
 - Структура ССД.
 - Аналоговый и цифровой конвейеры
 - ССД Клюква
 - Отбор полезной информации - триггер.
 6. Электронные тракты регистрации некоторых распространенных детектирующих устройств (2 часа):
 - Электроника многопроводочных пропорциональных камер (МПК).
 - Электронные тракты систем детектора “Кедр”.

Примеры задач для самостоятельного решения.

1. Толщина печатной платы из стеклотекстолита 0.5 мм, нижний слой – земля, волновое сопротивление проводника на верхнем слое платы должно быть 50 Ом. Рассчитать ширину проводника.
2. Необходимо задержать аналоговый сигнал на 200 нс. Рассчитать длину линии задержки из коаксиального кабеля.
3. Система медленного контроля детектора опрашивает каждый узел один раз в 10 секунд. Предполагаемое время работы – 11 месяцев в году. Планируемый срок службы системы 10 лет. Подобрать оптимальный тип аналогового ключа для точных измерений напряжений.
4. Необходимо усилить сигнал в 25 раз. Подобрать номиналы сопротивлений для инвертирующей и неинвертирующей схем включения операционного усилителя.
5. Разрешающее время схемы совпадения должно быть 50 нс. Минимальное время перекрытия сигналов 2 нс. Рассчитать необходимые длительности входных сигналов.

6. Составить таблицу истинности для схемы, изображенной на Рисунке 1, и назвать

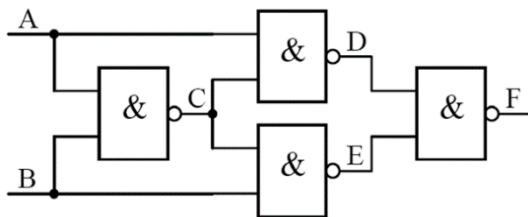


Рисунок 1.

получившийся логический элемент.

7. Нарисовать схему, реализующую функцию сравнения двоичных чисел согласно таблице истинности:

a	\bar{a}	b	\bar{b}	a<b	a=b	a>b
0	1	0	1	0	1	0
0	1	1	0	1	0	0
1	0	0	1	0	0	1
1	0	1	0	0	1	0

8. Есть два параллельных регистра: типа latch и работающий по фронту. На них подаются одинаковые данные и тактовый сигнал (Рисунок 2). Какие будут данные

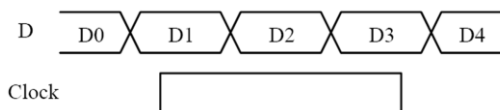


Рисунок 2.

на выходах регистров после окончания тактового сигнала?

9. Составить таблицу истинности для одноразрядного сумматора с учётом переноса и написать формулы вычисления суммы и бита переноса.
10. Длительность импульса ячейки детектора после формирующих цепочек усилителя равна 100 нс. На какой минимальной частоте должен работать АЦП, чтобы можно было восстановить сигнал?
11. Какой из типов АЦП лучше использовать в системе медленного контроля? И почему?
12. Есть ВЦП, измеряющий время с точностью 10 нс. Какие методы и устройство можно применить, чтобы измерить временной интервал с точностью 1 нс?

Самостоятельная работа студентов (36 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к лекциям и практическим занятиям (решение задач, разбор теоритических аспектов, ответы на контрольные вопросы)	18
Самостоятельная подготовка обучающегося к экзамену	18

5. Перечень учебной литературы.

5.1. Основная литература

1. Дмитриева, Наталья Николаевна. Ядерная электроника : [Учеб. пособие для вузов по спец. "Физика"] / Н.Н. Дмитриева, А.С. Ковтюх, Б.Х. Кривицкий. М. : Изд-во МГУ, 1982. 238 с. : ил.

5.2. Дополнительная литература

1. Ковальский, Е. Ядерная электроника / Пер.с англ.Т.А.Саниной ; Под ред.[и с предисл.] И.В.Штринаха. М. : Атомиздат, 1972. 358 с. : ил.
2. Бару, Семен Ефимович. Ядерная электроника : Учеб. пособие / С.Е. Бару ; Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск : НГУ, 1995. 43 с. : ил. ; 20 см.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

1. Е.А.Мелешко "Наносекундная электроника", Москва, "Энергоатомиздат", 1987. (Имеется в библиотеке НГУ, [http://publ.lib.ru/ARCHIVES/M/MELESHKO_Evgeniy_Alekseevich/Meleshko_E.A._Nanosekundnaya_elektronika_v_eksperimental'noy_fizike.\(1987\).\[djv-fax\].zip](http://publ.lib.ru/ARCHIVES/M/MELESHKO_Evgeniy_Alekseevich/Meleshko_E.A._Nanosekundnaya_elektronika_v_eksperimental'noy_fizike.(1987).[djv-fax].zip))
2. Шмидт Х. "Измерительная электроника в ядерной физике", пер. с нем. – Москва, "Мир", 1989 (<http://nuclphys.sinp.msu.ru/books/b/shmidt.htm>)
3. В.Л.Шило "Популярные цифровые микросхемы", Москва, "Металлургия", 1988
4. Бару С.Е. Ядерная электроника: Учебное пособие. Новосибирск, Новосибирский гос. ун-т, 1995. 42с. (Имеется в библиотеке НГУ, электронная версия на сайте кафедры: <https://www.nd.inp.nsk.su/hepdiv/courses/Electronics/NuclearElectronics.pdf>)

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.

Интернет-ресурсы:

<https://hepdep.inp.nsk.su/>

<http://nuclphys.sinp.msu.ru/books/>

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.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

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

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

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.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется в ходе семестра путем проверки результатов решения задач для самостоятельного решения.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-1 сформирована не ниже порогового уровня.

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.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Каждый вопрос билета оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
<p>ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.</p>	<p>Знать структуру и схемы построения систем сбора данных, понимать логику работы всех ее составных элементов, современную литературу по тематике курса «Ядерная электроника»; знать базовые элементы систем сбора данных для детекторов элементарных частиц как в области аналоговой, так и цифровой электроники, а также аналого-цифрового преобразования.</p>	<p>Проведение контрольных работ, экзамен</p>
<p>ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области</p>	<p>Уметь построить схему сбора информации для основных типов детекторов (таких как сцинтилляционные счетчики, ионизационные, пропорциональные и дрейфовые камеры и т.д.); уметь применять знания по ядерной электронике для создания канала регистрации детектора элементарных частиц;</p>	<p>Проведение контрольных работ, экзамен</p>
<p>ПК 1.3. Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования</p>	<p>Владеть методами получения информации с детектора, современными способами регистрации физических события и методами отбора полезных данных; владеть основными методами обработки информации с детекторов элементарных частиц, методов отбора полезных событий для систем сбора данных.</p>	<p>Проведение контрольных работ, экзамен</p>

Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Ядерная электроника».

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.	Продemonстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	ПК 1.3	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и

		задач. Наличие грубых ошибок.	некоторыми недочетами.		недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.
--	--	-------------------------------	------------------------	--	--

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

1. Экзаменационные билеты:

Билет 1

1. Устройства временной привязки, способы привязки, формула для УВП со следящим порогом.
2. Цифровые интегральные схемы, характеристики, серии ИС, уровни логических сигналов.

Билет 2

1. Сумматоры, таблицы истинности для полу- и полного сумматоров, построение по ним формул для суммы и переноса, многоразрядный сумматор, схема ускоренного переноса.
2. Преобразование информации с детекторов, каналы электроники для Да/Нет, временной (общий старт, общий стоп), амплитудной информации.

Билет 3

1. Передача сигналов, виды линий связи, согласование, помехи, методы борьбы с помехами.
2. Вычитание двоичных чисел, таблица истинности, вывод формул для разности и заема, дополнительный код, способы вычитания.

Билет 4

1. Задержка аналоговых и логических сигналов, волновое сопротивление, скорость распространения сигналов, способы задержки и характерные величины задержек, л.з. с распределенными и сосредоточенными параметрами, переменные л.з.
2. Схемы совпадения, характеристики, формула для разрешающего времени.

Билет 5

1. Усилители, основные характеристики усилителей, дифференциальные усилители, операционные усилители, зарядочувствительные усилители, усилители-формирователи.
2. АЦП вилкинсоновского типа, АЦП двойного интегрирования.

Билет 6

1. Представление цифровой информации, цифровые коды, логические элементы (И, ИЛИ, НЕ, искл.ИЛИ, эл-т с ОК - таблицы истинности).

2. АЦП уравнивания; развертывающего, следящего, поразрядного уравнивания, АЦП время импульсного типа.

Билет 7

1. Простейшие цифровые схемы: элемент задержки, привязка к фронту, одновибраторы, генераторы.
2. Аналого-цифровое преобразование, характеристики АЦП: диапазон, разрядность, погрешность (интегральная, дифференциальная нелинейности), быстродействие, АЦП прямого преобразования (FADC).

Билет 8

1. Коммутация сигналов, виды коммутаторов, их характеристики.
2. Цифро-аналоговые преобразователи, двоично взвешенные резисторы и матрица $R-2R$.

Билет 9

1. Триггеры: RS, D, JK, T, таблицы истинности, асинхронные и тактируемые (уровнем и фронтом).
2. Измерение временных интервалов, метод прямого счета, погрешности измерения для непрерывно работающих и ждущих генераторов.

Билет 10

1. Регистры, классификация регистров, особенность latch регистра.
2. Хронотрон, преобразователи время-амплитуда: типа перекрытие и старт-стопного типа.

Билет 11

1. Амплитудные дискриминаторы, их виды, характеристики, дифференциальный каскад, ДНУ, ДВУ, запаздывание ДВУ по отношению к ДНУ.
2. Верньерный (нониусный) метод, временной экспандер (преобразователь время-заряд-время), широкодиапазонные временные измерители.

Билет 12

1. Счетчики, простые и реверсивные, асинхронные и синхронные, их преимущества, триггерный шум.
2. Стандарт КАМАК, основные сигналы шины, временная диаграмма работы.

Билет 13

1. Шифраторы и дешифраторы, приоритетный шифратор, ступенчатый и матричный дешифраторы, схемы сравнения двоичных чисел.
2. Системы сбора данных, общая схема, ССД "Клюква".

Форма экзаменационного билета представлена на рисунке

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)**

Физический факультет

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № _____

1.
2.

Составитель _____ /Ф.И.О. преподавателя/
(подпись)

« ____ » _____ 20 ____ г.

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 «Ядерная электроника»
по направлению подготовки 03.03.02 Физика
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

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