

**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 физических методов исследования твёрдого тела



Рабочая программа дисциплины

**ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАНЦИЙ НА ИСТОЧНИКАХ СИНХРОТРОННОГО
ИЗЛУЧЕНИЯ**

направление подготовки: **03.04.02 Физика**
направленность (профиль): **Все профили подготовки**

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
3	72	32	16		22				2	
Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 34 часа										
Компетенции ПК-2										

Руководитель программы
д.ф.-м.н.

И. Б. Логашенко

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.	3
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.	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.	4
5. Перечень учебной литературы.	8
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.	8
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	8
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	9
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.	9

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

Дисциплина «**Основы проектирования станций на источниках синхротронного излучения**» имеет своей целью дать общие представления о методах и подходах к проектированию и разработке всех узлов синхротронных исследовательских станций на установках мегасайенс для реализации на них различных экспериментальных методик.

Дисциплина нацелена на формирование у обучающегося профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2 Способен использовать специализированные знания в области физики при постановке и решении задач в научно-исследовательской деятельности с помощью современной аппаратуры и информационно-телекоммуникационных технологий в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования	<p>ПК -2.1. Проводит научные изыскания в избранной области экспериментальных и/или теоретических физических исследований с помощью современной аппаратуры и информационно-телекоммуникационных технологий в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p> <p>ПК -2.2. Применяет теоретические основы и базовые представления научного исследования в выбранной области фундаментальной и/или экспериментальной физики в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p> <p>ПК -2.3. Использует специализированные знания в области физики при выборе методов расчета, проведении статистического анализа экспериментальных данных с помощью современной аппаратуры и информационно-телекоммуникационных технологий в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p>Знать Основные методы и подходы к проектированию исследовательских станций на установках мегасайенс для реализации на них различных экспериментальных методик;</p> <p>Уметь анализировать литературные данные по компоновке исследовательских станций в ведущих международных синхротронных центрах, выявляет их сильные и слабые стороны, оценивает потенциал их оптимизации; проводить моделирование и оптимизацию рентгенооптических схем синхротронных исследовательских станций с использованием программ трассировки пучка; спланировать работу по проектированию синхротронной исследовательской станции с разбивкой ее на этапы.</p> <p>Владеть теоретическими представлениями об особенностях проектирования синхротронных исследовательских станций на установках мегасайенс, навыками работы с программными продуктами, позволяющими проводить трассировки пучка.</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «**Основы проектирования станций на источниках синхротронного излучения**» является одной из дисциплин по выбору по направлению подготовки 03.04.02 Физика. Курс «Основы проектирования станций на установках мегасайенс» развивает знания, умения и

навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата. Дисциплина дает магистранту необходимые знания, навыки и предоставляет инструменты для выполнения проектирования исследовательской синхротронной станции.

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
3	72	32	16		22				2	
Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 50 часов										
Компетенции ПК-2										

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 и её контроль преподавателями с помощью заданий, дифференцированный зачёт.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль успеваемости: заслушивание сообщений, самостоятельно подготовленных магистрантами по заданным темам;
- промежуточная аттестация: дифференцированный зачёт.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 2 зачетные единицы.

- занятия лекционного типа – 32 часа;
- практические занятия – 16 часов;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 22 часов;
- промежуточная аттестация (дифференцированный зачёт) – 2 часа.

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, дифференцированный зачёт) составляет 50 часов.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	
				Лекции	Практические занятия		
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Классификация синхротронных методов, требования разных методов к компоновке оборудования исследовательских станций синхротронных центров.	1-2	16	8	0	8	
2.	Основные системы синхротронной станции (вакуумная, транспортировки пучка, окружения образца, детектирования, управления, обеспечения безопасности и пр.): компоновка, основные характеристики; проблемы интеграции	3-8	16	6	4	6	
3.	Основные компоненты синхротронной станции (рентгенооптические элементы, система окружения образца, детекторы): классификация, основные характеристики, области применения, преимущества и недостатки	9-16	20	10	6	4	
4.	Принципы выбора и оптимизации оптической схемы синхротронной исследовательской станции, трассировка пучка, моделирование механических и тепловых нагрузок на оптические элементы	17	18	8	6	4	
5.	Дифференцированный зачёт	17	2				2
Все го			72	32	16	22	2

Программа и основное содержание лекций (32 часа)

Раздел 1. Классификация синхротронных методов, требования разных методов к компоновке оборудования исследовательских станций синхротронных центров. Основные определения (8 часов).

1. Введение: что такое синхротронное излучение. Обзор различных исследовательских методик, использующих синхротронное излучение, предъявляемые требования к пучку.

2. Способы генерации синхротронного излучения: понятие вставного устройства и поворотного магнита. Типы вставных устройств: Вигглеры и ондуляторы. Основные принципы выбора вставного устройства. SPECTRA: программное обеспечение для расчета оптических характеристик синхротронного излучения, генерируемого на поворотных магнитах или вставных устройствах.

3. Транспортировка излучения из накопителя к экспериментальным станциям. Прямолинейные промежутки. Фронтенд. Требования к вакууму и радиационной безопасности. Основные элементы фронтенда: вакуумная система, система радиационных затворов и радиационных обжимок, мониторы пучка, быстрые шиберы. Выбор выходной апертуры фронтенда и защитных фильтров.

Раздел 2. Основные системы синхротронной станции (вакуумная, транспортировки пучка, образца, детектирования, управления, обеспечения безопасности и пр.): компоновка, основные характеристики; проблемы интеграции (**6 часов**).

4. Обзор основных систем синхротронной станции: вакуумной, охлаждения, электроснабжения, транспортировки пучка, детектирования, позиционирования, управления, обеспечения безопасности (оптический и экспериментальный защитные хатчи), газовые линии, климатические системы.

Раздел 3. Основные компоненты синхротронной станции (рентгенооптические элементы, система окружения образца, детекторы): классификация, основные характеристики, области применения, преимущества и недостатки (**10 часов**)

5. Основные принципы выбора оптической схемы для реализации исследовательских станций, использующих УФ и мягкий рентгеновский диапазон (10-2000 эВ). Требования, предъявляемые к пучкам, используемым для реализации различных методик. Выбор источника излучения (ондулятор, поворотный магнит). Поляризация излучения (линейная горизонтальная или вертикальная, круговая, эллиптическая). Требования к вакууму. Основные принципы выбора компонентов фронтенда и выходной апертуры.

6. Проектирование синхротронных исследовательских станций, использующих УФ и мягкий рентгеновский диапазон. Основные типы оптических элементов для транспортировки пучка: зеркала полного внешнего отражения – типы и назначение. Монохроматор излучения на основе плоских дифракционных решёток. Типы дифракционных решёток. Основные типы элементов для формирования формы пучка. Типы мониторов пучка, используемых для контроля перемещения пучка синхротронного излучения и измерения его интенсивности.

7. Основные принципы выбора оптической схемы для реализации исследовательских станций, использующих средний рентгеновский диапазон (4-30 кэВ). Выбор источника излучения (ондулятор, поворотный магнит). Поляризация излучения (линейная горизонтальная или вертикальная, круговая, эллиптическая). Требования к вакууму. Основные принципы выбора компонентов фронтенда и выходной апертуры.

8. Проектирование синхротронных исследовательских станций, использующих средний рентгеновский диапазон (4-30 кэВ). Основные типы оптических элементов для транспортировки пучка. Основные типы монохроматоров: монохроматоры типа «бабочка», двухкристальные брегговские, монохроматоры сплиттеры (Лауэ). Основные типы оптических элементов для формирования пучка: составные преломляющие линзы, рентгеновские фокусирующие зеркала. Типы мониторов пучка, используемых для контроля положения пучка синхротронного излучения и измерения его интенсивности.

9. Оптические схемы и методы, реализуемые на исследовательских станциях, использующих сверхжёсткий рентгеновский диапазон (30-200 кэВ) для рентгеноструктурного и рентгенофазового анализа. Выбор и требования к источнику излучения. Основные принципы выбора компонентов канала для транспортировки, мониторинга, монохроматизации и фокусировки пучка. Примеры работающих станций, созданных в передовых научных центрах по использованию СИ.

10. Оптические схемы и методы, реализуемые на исследовательских станциях, использующих сверхжёсткий рентгеновский диапазон (30-200 кэВ) для получения изображений. Выбор и требо-

вания к источнику излучения. Основные принципы выбора компонентов канала для транспортировки, мониторинга, монохроматизации и фокусировки пучка. Примеры работающих станций, созданных в передовых научных центрах по использованию СИ.

Раздел 4. Принципы выбора и оптимизации оптической схемы синхротронной исследовательской станции, трассировка пучка, моделирование механических и тепловых нагрузок (8 часов)

11. Проектирование синхротронных исследовательских станций, использующих УФ и мягкий рентгеновский диапазон. Расчёт оптики станции при помощи подхода трассировки лучей (ray-tracing). Программный пакет RAY UI для моделирования трассировки лучей синхротронного излучения и различных оптических элементов. Определение параметров зеркал (кривизна, покрытие, шероховатость, погрешность формы). Оценка разрешения излучения на образце, зависимость от параметров зеркал, размера выходной щели. Оценка потока фотонов на образце. Примеры оптимизации оптики под конкретные экспериментальные методики.

12. Проектирование синхротронных исследовательских станций, использующих средний рентгеновский диапазон (4-30 кэВ). Расчёт оптики станции при помощи подхода трассировки лучей (ray-tracing). Программный пакет OASYS для моделирования трассировки лучей синхротронного излучения и различных оптических элементов. Определение параметров составных преломляющих линз: выбор материала и геометрических параметров преломляющих линз, расчет эффективной апертуры, оптимизация количества преломляющих линз в зависимости от решаемой задачи. Принципы расчета фокусирующих рентгеновских зеркал (КВ зеркала). Оценка размера фокусного пятна излучения на образце. Оценка потока фотонов на образце. Примеры оптимизации оптики под конкретные экспериментальные методики: особенности оптических схем для малоугловой рентгеновской дифракции, дифракционный эксперимент высокого разрешения, субмикронный фокус.

13. Проектирование синхротронных исследовательских станций, использующих сверхжёсткий рентгеновский диапазон (30-200 кэВ). Расчёт тепловой нагрузки на элементы канала. Расчет и определение параметров оптических элементов станции. Расчет необходимых требований, предъявляемых к пучку: геометрический размер, интенсивность, степень монохроматизации. Принципы выбора детектирующих систем для реализуемых в этом диапазоне методов.

Программа практических занятий (16 часов)

Занятие 1. Расчёт оптических характеристик синхротронного излучения, генерируемого на поворотных магнитах или вставных устройствах с использованием программного пакета SPECTRA. **(4 часа)**

Занятия 2-4. Проведение расчётов трассировки лучей для синхротронных исследовательских станций (работающих в различных диапазонах энергий излучения) с использованием специализированных программных пакетов (RAY UI, OASYS и др.). **(12 часов)**

Самостоятельная работа студентов (22 часа)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к практическим занятиям.	10
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	6
Подготовка к дифференцированному зачёту	6

5. Перечень учебной литературы.

5.1. Основная литература

1. Фетисов, Геннадий Владимирович Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ : учебное пособие для студентов старших курсов, обучающихся по специальности 020101 (011000) Химия / Г.В. Фетисов ; под ред. Л.А. Асланова Москва : Физматлит, 2007 672 с. : ил. ; 24 см (Фундаментальная и прикладная физика) ISBN 978-5-9221-0805-8; 6 экз.
2. Дифрактометрия с использованием синхротронного излучения / [В.В. Болдырев, Н.З. Ляхов, Б.П. Толочко и др.] ; отв. ред. Г.Н. Кулипанов; АН СССР, Ин-т биофизики, Сиб. отд-ние, Ин-т химии твердого тела и перераб. минерал. сырья, Ин-т ядер. Физики Новосибирск : Наука, 1989 143, [1] с. : ил. ; 22 см. ISBN 5-02-028690-7; 1 экз.

5.2. Дополнительная литература

1. Порай-Кошиц М. А. Основы структурного анализа химических соединений: [учеб. пособие для хим. спец. ун-тов] / М. А. Порай-Кошиц. М.: Высшая школа, 1989, 191 с. ISBN 5-06-000074-5.

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

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими учебными пособиями:

1. Philip Wilmott. An Introduction to Synchrotron Radiation. Techniques and Applications. Wiley. 2019
2. Herman Winick. Synchrotron radiation sources: A primer. World Scientific, 1995.

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.
- «Российская национальная платформа открытого образования» (<http://openedu.ru/>),

Coursera (www.coursera.org), edX (www.edx.org);

- Веб-страницы ведущих международных центров СИ.

Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное) осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС и электронную почту.

7.1 Современные профессиональные базы данных

- Реферативно-поисковая база данных Reaxys (Elsevier)
- Реферативно-библиографическая база данных Scopus (Elsevier)
- Реферативно-библиографическая база данных Scifinder (Chemical Abstracts Service)
- Библиометрическая база данных Web of Science Core Collection (Thomson Reuters Scientific LLC.)
- База данных полнотекстовых научных журналов JSTOR.

- Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки (ЭБД РГБ)
- **Электронные ресурсы** российской научной библиотеки eLibrary.ru
- **Электронные ресурсы** издательства **American Chemical Society (ACS)**
- **Электронные ресурсы** издательства **Annual Reviews**
- Электронные ресурсы Freedom Collection издательства Elsevier
- **Электронные ресурсы** издательства **The Royal Society of Chemistry (RSC)**
- **Электронные ресурсы** издательства **Wiley**

7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

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. В рамках курса предполагается использование свободно распространяемых программы для моделирования оптических свойств пучков синхротронного излучения получаемых на вставных устройствах и поворотных магнитах SPECTRA (<https://spectrax.org/spectra/index.html>) и программных пакетов трассировки пучка RAY UI (https://www.helmholtz-berlin.de/forschung/oe/wi/optik-strahlrohre/arbeitsgebiete/ray_en.html); а также OASYS (OrAnge SYnchrotron Suite, <http://ftp.esrf.eu/pub/scisoft/Oasys/readme.html>). 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, 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 заслушивания сообщений студентов на занятиях в виде презентаций на выбранные темы.

Промежуточная аттестация

Для успешного прохождения курса студенты должны продемонстрировать знание базовых принципов, лежащих в основе дизайна синхротронных станций, а также умение предложить конфигурацию оборудования для реализации заданного функционала и оценить ключевые характеристики потенциальной станции. Итоговая аттестация по дисциплине проводится в форме публичной защиты проекта синхротронной станции, в котором должны содержаться: описание научных задач, решаемых на данной станции и реализуемых методов; список ключевых единиц оборудования в составе станции, их тип и ключевые характеристики. Проект оформляется в виде презентации PowerPoint MS Office индивидуально или по группам. Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на дифференцированном зачёте.

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.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
ПК -2.1. Проводит научные изыскания в избранной области экспериментальных и/или теоретических физических исследований с помощью современной аппаратуры и информационно-телекоммуникационных технологий в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	Знать Основные методы и подходы к проектированию исследовательских станций на установках мегасайенс для реализации на них различных экспериментальных методик;	Заслушивание сообщений, презентации, дифференцированный зачет.
ПК -2.2. Применяет теоретические основы и базовые представления научного исследования в выбранной области фундаментальной и/или экспериментальной физики в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	Уметь анализировать литературные данные по компоновке исследовательских станций в ведущих международных синхротронных центрах, выявляет их сильные и слабые стороны, оценивает потенциал их оптимизации; проводить моделирование и оптимизацию рентгенооптических схем синхротронных исследовательских станций с использованием программ трассировки пучка; спланировать работу по проектированию синхротронной исследовательской станции с разбивкой ее на этапы.	Заслушивание сообщений, презентации, дифференцированный зачет.

<p>ПК -2.3. Использует специализированные знания в области физики при выборе методов расчета, проведении статистического анализа экспериментальных данных с помощью современной аппаратуры и информационно-телекоммуникационных технологий в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p>Владеть теоретическими представлениями об особенностях проектирования синхротронных исследовательских станций на установках мегасайенс, навыками работы с программными продуктами, позволяющими проводить трассировки пучка.</p>	<p>Заслушивание сообщений, презентации, дифференцированный зачет.</p>
---	--	---

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Основы проектирования станций на источниках синхротронного излучения»

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 2.1	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 2.2	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.
Наличие навыков (владение опытом)	ПК 2.3	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.

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

Примеры домашних заданий:

1. Собрать информацию о создании экспериментальной станции в международном центре СИ: хронология реализации проекта, ресурсное обеспечение, ключевые этапы, встреченные трудности и способы их преодоления, соответствие плановых и фактически достигнутых показателей
2. Провести анализ программы модернизации синхротронного центра: вычленить ключевые задачи, ресурсное обеспечение проекта, ключевые этапы дорожной карты

Контрольные задания практических занятий

1. Провести расчет оптической схемы типовой синхротронной станции: получить ключевые характеристики пучка на образце (размер, плотность потока, энергетическое разрешение и пр.) в зависимости от конфигурации оптических элементов

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
«Основы проектирования станций на источниках синхротронного излучения»
по направлению подготовки 03.04.02 Физика
Профиль «Все профили подготовки»**

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