

**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 физики ускорителей**



**Рабочая программа дисциплины**

**ДИАГНОСТИКА ПУЧКОВ В УСКОРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ**

Направление подготовки: **03.04.02 Физика**

Направленность (профиль): **Физика. Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения **Очная**

| Семестр                                                                      | Общий<br>объем | Виды учебных занятий (в часах)                    |                         |                           |                                                            | Промежуточная аттестация (в часах)                            |                                                   |       |                               |         |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------|-------------------------------|---------|
|                                                                              |                | Контактная работа обучающихся<br>с преподавателем |                         |                           | Самостоятельная ра-<br>бота, не включая пе-<br>риод сессии | Самостоятельная<br>подготовка к проме-<br>жуточной аттестации | Контактная работа<br>обучающихся с преподавателем |       |                               |         |
|                                                                              |                | Лекции                                            | Практические<br>занятия | Лабораторные за-<br>нятия |                                                            |                                                               | Консультации                                      | Зачет | Дифференциро-<br>ванный зачет | Экзамен |
| 1                                                                            | 2              | 3                                                 | 4                       | 5                         | 6                                                          | 7                                                             | 8                                                 | 9     | 10                            | 11      |
| 1                                                                            | 36             | 16                                                |                         |                           | 18                                                         |                                                               |                                                   |       | 2                             |         |
| Всего 36 часов / 1 зачётная единица, из них:<br>- контактная работа 18 часов |                |                                                   |                         |                           |                                                            |                                                               |                                                   |       |                               |         |
| Компетенции: ПК-1                                                            |                |                                                   |                         |                           |                                                            |                                                               |                                                   |       |                               |         |

Руководитель программы  
д.ф.-м.н.,

И.Б. Логашенко

**Новосибирск, 2026**

## Содержание

|                                                                                                                                                                                                                       |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>Содержание .....</b>                                                                                                                                                                                               | <b>2</b> |
| 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. .... | 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. ....                                                                                                                                                                                  | 5        |
| 6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся. ....                                                                                                                                | 5        |
| 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....                                                                                                     | 5        |
| 8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине. ....                                                                                                   | 6        |
| 9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....                                                                                                           | 6        |
| 10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине. ....                                                                                                                | 6        |

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

Дисциплина «Диагностика пучков в ускорительной технике» имеет своей целью ознакомить магистрантов-физиков с методами определения различных параметров пучков заряженных частиц, используемых в современных ускорительных комплексах и коллайдерах.

Запуск в эксплуатацию и надежная работа ускорителей заряженных частиц и комплексов на их основе для фундаментальных исследований и прикладных целей невозможны без диагностического оборудования. Удобство и скорость настройки требуемого режима пучков заряженных частиц значительно зависит от реализации приборов и систем, определяющих параметры пучков. При проектировании ускорителя необходимо предусмотреть целый комплекс диагностических приборов для последовательных стадий «жизни» установки – первичный запуск, исследование предельных возможностей, рутинная эксплуатация, модернизация.

Всюду, где это допускается уровнем знаний и подготовки студентов, материал лекций увязывается с современными исследованиями в области физики ускорителей. В курсе вначале даются общие сведения о задачах диагностики, затем рассматриваются подходящие для конкретных задач методы и приборы на их основе. Изучается достаточно широкий спектр диагностических приборов, однако упор делается на приборы для определения параметров электронных и позитронных пучков. Изложение материала разделено по физическим принципам работы датчиков – контактных, оптических, электромагнитных. Основной отличительной чертой курса является подробное рассмотрение диагностических приборов, разработанных и изготовленных в Институте ядерной физики, таких как пучковый датчик, датчик положения пучка на основе анализа токов-изображений, диссектора и др.

Дисциплина нацелена на формирование у обучающегося профессиональной компетенции:

| Результаты освоения образовательной программы (компетенции)                                                                                                                                                                               | Индикаторы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ПК-1</b> Способен использовать специализированные знания в области физики при решении поставленных задач в научно-исследовательской деятельности в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования. | <p><b>ПК 1.1</b> Применяет специализированные знания в области физики при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p> <p><b>ПК 1.2</b> Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p> | <p><b>Знать</b> основные понятия и методы, используемые в диагностике пучков заряженных частиц, а также принципы работы различных диагностических датчиков, примеры их аппаратной реализации;</p> <p><b>Уметь</b> самостоятельно ставить и решать конкретные задачи диагностики пучков с использованием современной аппаратуры и компьютерных технологий;</p> <p><b>Владеть</b> навыками обработки полученных результатов с помощью современных математических методов и программно-аппаратных комплексов для решения задачи нахождения параметров исследуемого пучка.</p> |

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Диагностика пучков в ускорительной технике» реализуется в осеннем семестре 1-го и 2-го курса для магистрантов, обучающихся по направлению «03.04.02 Физика». Курс является одной из профессиональных дисциплин по выбору, реализуемых кафедрой физики ускорителей.

Для его восприятия требуется предварительная подготовка студентов по таким физическим дисциплинам как электродинамика, электронная оптика и физика пучков, а также по математике (основы математического анализа, линейная алгебра и геометрия). Дисциплина должна предшествовать выполнению выпускной квалификационной работы т.к. дает магистранту необходимые знания, навыки и предоставляет инструменты для выполнения исследований в области физики ускорителей в рамках ее подготовки.

## 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.

Трудоёмкость дисциплины составляет: 1 зачётная единица, 36 часов.

Форма промежуточной аттестации: 1/3 семестр – дифференцированный зачет.

| №  |  | Вид деятельности                     | Семестр |
|----|--|--------------------------------------|---------|
|    |  |                                      | 1/3     |
| 1  |  | Лекции, ч                            | 16      |
| 2  |  | Практические занятия, ч              | -       |
| 3  |  | Лабораторные занятия, ч              | -       |
| 4  |  | Занятия в контактной форме, ч из них | 18      |
| 5  |  | аудиторных занятий, ч                | 16      |
| 6  |  | в электронной форме, ч               | -       |
| 7  |  | консультаций, час.                   | -       |
| 8  |  | промежуточная аттестация, ч          | 2       |
| 9  |  | Самостоятельная работа, час.         | 18      |
| 10 |  | Всего, ч                             | 36      |

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

Дисциплина «Диагностика пучков в ускорительной технике» представляет собой полугодовой курс, читаемый в осеннем семестре 1-го и 2-го курса магистратуры физического факультета НГУ. Общая трудоемкость дисциплины составляет 1 зачётную единицу, 36 академических часов.

### Программа и основное содержание лекций (16 часов)

В курсе вначале даются общие сведения о задачах диагностики, затем рассматриваются подходящие для конкретных задач методы и приборы на их основе. Изучается достаточно широкий спектр диагностических приборов, однако упор делается на приборы для определения параметров электронных (позитронных) пучков. Изложение материала разделено по физическим

принципам работы датчиков – контактных, оптических, электромагнитных. По одной теме, выбранной из списка предложенных, студент готовит доклад.

**Раздел 1.** Ознакомление с задачами диагностики пучка, введение основных понятий. **(2 часа)**

**Раздел 2.** Изучение контактных методов диагностики. Знакомство с особенностями реальных конструкций цилиндра Фарадея, люминофорных и вторично-эмиссионных датчиков. **(4 часа)**

**Раздел 3.** Рассмотрение оптических методов диагностики, основных параметров и свойств приборов, использующих синхротронное излучение. **(2 часа)**

**Раздел 4.** Теоретическое изучение принципов работы электромагнитных датчиков. Расчет электромагнитных полей, возбуждаемых пучком. Обратная задача диагностики. **(4 часа)**

**Раздел 5.** Методы диагностики пучка в накопителях. **(4 часа)**

**Самостоятельная работа студентов (18 часов)**

| Перечень занятий на СРС              | Объем, час |
|--------------------------------------|------------|
| Изучение материала лекций            | 8          |
| Подготовка доклада по выбранной теме | 10         |

**5. Перечень учебной литературы.**

1. Смалюк, Виктор Васильевич. Диагностика пучков заряженных частиц в ускорителях / В.В. Смалюк; отв. ред. Н.С. Диканский. Новосибирск: Параллель, 2009. 293 с.: ил.; 22 см. ISBN 978-5-98901-063-9.(2 экз.)
2. Черепанов, В. П. (физик). Диагностика пучков заряженных частиц: курс лекций [для физ. и физ.-техн. спец. вузов] / В. П. Черепанов; Новосиб. гос. ун-т, Физ. фак., Каф. радиофизики. Новосибирск: НГУ, 2007. 100 с.: ил.; 20 см. ISBN 978-5-94356-533-5 (9 экз.)
3. Лебедев, Андрей Николаевич. Основы физики и техники ускорителей: [Учеб. пособие для физ. и инж.-физ. спец. вузов] / А.Н. Лебедев, А.В. Шальнов. 2-е изд., перераб. и доп. М: Энергоатомиздат, 1991. 528 с.: ил. ISBN 5-283-03971-4. (1 экз.)

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

1. Методические материалы на сайте кафедры физики ускорителей ФФ НГУ:  
<http://accel.inp.nsk.su/>

**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.

## **7.1 Современные профессиональные базы данных**

Не используется.

## **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.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

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

Для реализации дисциплины «Диагностика пучков заряженных частиц» 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 успеваемости***

Текущий контроль успеваемости осуществляется путем опроса в начале каждой лекции по материалам предыдущей лекции, а также по представленному докладу по теме из списка предложенных.

#### ***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 в части, относящейся к формированию способности использовать специализированные знания материала данного курса.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит в конце семестра на дифференцированном зачете. Дифференцированный зачет проводится по итогам работы в течение семестра и презентации доклада.

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. Критерии и шкалы оценивания индикаторов достижения результатов обучения отражены в Таблице 10.2.

### Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

| Индикатор                                                                                                                                                                                                            | Результат обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Оценочные средства                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>ПК 1.1</b> Применяет специализированные знания в области физики при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования. | <b>Знать</b> основные понятия и методы, используемые в диагностике пучков заряженных частиц, а также принципы работы различных диагностических датчиков, примеры их аппаратной реализации.                                                                                                                                                                    | Опрос в начале каждой лекции, дифференцированный зачет. |
| <b>ПК 1.2</b> Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.                     | <b>Уметь</b> самостоятельно ставить и решать конкретные задачи диагностики пучков с использованием современной аппаратуры и компьютерных технологий;<br><b>Владеть</b> навыками обработки полученных результатов с помощью современных математических методов и программно-аппаратных комплексов для решения задачи нахождения параметров исследуемого пучка. | Опрос в начале каждой лекции, дифференцированный зачет. |

### 10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Диагностика пучков в ускорительной технике».

Таблица 10.2

| Критерии оценивания результатов обучения | Шкала оценивания |
|------------------------------------------|------------------|
|------------------------------------------|------------------|

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| <p><b><u>Дифференцированный зачет:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала,</li> <li>– точность и корректность применения терминов и понятий,</li> <li>– наличие исчерпывающих ответов на дополнительные вопросы.</li> </ul> <p>При изложении ответа на вопрос(ы) преподавателя обучающийся мог допустить не принципиальные неточности.</p> | Отлично             |
| <p><b><u>Дифференцированный зачет:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала,</li> <li>– точность и корректность применения терминов и понятий при наличии незначительных ошибок,</li> <li>– наличие полных ответов на дополнительные вопросы с возможным присутствием ошибок.</li> </ul>                                                     | Хорошо              |
| <p><b><u>Дифференцированный зачет:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– самостоятельность и осмысленность в изложении материала, наличие ошибок в логике и аргументации, а также затруднений при формулировке собственных суждений,</li> <li>– корректность применения терминов и понятий, с множественными ошибками,</li> <li>– наличие неполных и/или содержащих существенные ошибки ответов на дополнительные вопросы.</li> </ul>                 | Удовлетворительно   |
| <p><b><u>Дифференцированный зачет:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– отсутствие осмысленности, структурированности, логичности и аргументированности в изложении материала,</li> <li>– грубые ошибки в применении терминов и понятий,</li> <li>– отсутствие ответов на дополнительные вопросы.</li> </ul>                                                                                                                                         | Неудовлетворительно |

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

#### Пример задания для текущего контроля по материалам лекций:

- Описать основные принципы построения оптических систем диагностики пучка в накопителях электронов с энергией несколько ГэВ.

#### Темы докладов:

1. Задачи диагностики пучка.
2. Измерение параметров пучка в линейных и кольцевых ускорителях.
3. Контактные датчики – обзор.

4. Цилиндр Фарадея.
5. Люминофорный экран.
6. Датчик с использованием переходного излучения.
7. Вторично-эмиссионные датчики.
8. Ионизационный датчик.
9. Пучковый датчик.
10. Лазерные измерители профиля пучка.
11. Оптические датчики - обзор.
12. Синхротронное излучение и параметры пучка.
13. ФЭУ – применение в диагностике пучков.
14. Диссектор.
15. ПЗС-матрица как инструмент диагностики пучков.
16. Стрик-камера.
17. Рентгеновская камера-обскура.
18. Принципы построения оптических систем диагностики пучка.
19. Электромагнитные датчики.
20. Резонаторные датчики.
21. Волноводные датчики.
22. Двухпроводная линия.
23. Электростатические датчики.
24. Магнитоиндукционные датчики.
25. Обратная задача диагностики.
26. Диагностика бетатронных колебаний.
27. Измерение и коррекция орбиты.
28. Измерение эмиттанса.
29. Измерение энергии пучка.
30. Измерение энергетического разброса.

#### **Перечень вопросов к дифференцированному зачету:**

1. Задачи диагностики пучка.
2. Измерение параметров пучка в линейных и кольцевых ускорителях.
3. Контактные датчики – обзор.
4. Цилиндр Фарадея.
5. Люминофорный экран.
6. Датчик с использованием переходного излучения.
7. Вторично-эмиссионные датчики.
8. Ионизационный датчик.
9. Пучковый датчик.
10. Лазерные измерители профиля пучка.
11. Оптические датчики - обзор.
12. Синхротронное излучение и параметры пучка.
13. ФЭУ – применение в диагностике пучков.
14. Диссектор.
15. ПЗС-матрица как инструмент диагностики пучков.
16. Стрик-камера.
17. Рентгеновская камера-обскура.
18. Принципы построения оптических систем диагностики пучка.
19. Электромагнитные датчики.
20. Резонаторные датчики.
21. Волноводные датчики.

22. Двухпроводная линия.
23. Электростатические датчики.
24. Магнитоиндукционные датчики.
25. Обратная задача диагностики.
26. Диагностика бетатронных колебаний.
27. Измерение и коррекция орбиты.
28. Измерение эмиттанса.
29. Измерение энергии пучка.
30. Измерение энергетического разброса.

### **Пример экзаменационного билета**

1. Цилиндр Фарадея.
2. Магнитоиндукционные датчики.

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.