

ПОЛОЖЕНИЕ

О реализации научно-образовательной программы «Физика нейтрино и астрофизика частиц»

1. Общие сведения о Программе

1.1. Программа «Физика нейтрино и астрофизика частиц» (далее — Программа) является долгосрочным образовательным проектом, реализуемым совместно **Научно-исследовательским институтом ядерной физики имени Д.В. Скобельцына Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (НИИЯФ МГУ)** и **АНО «НМЦ «ТИЧИН»** при научной поддержке Объединенного института ядерных исследований (**ОИЯИ**).

1.2. **Миссия Программы:** Подготовка элитных научных кадров, способных работать в ведущих мировых экспериментальных коллаборациях и теоретических центрах на стыке физики микромира и космологии.

1.3. **Формат обучения:** Программа реализуется в дистанционном формате на портале **Teach-in.ru**, что обеспечивает доступность курсов для слушателей из любого региона.

1.4. **Стоимость:** Обучение на Программе является полностью бесплатным для всех участников, прошедших конкурсный отбор.

2. Цели и задачи

- **Научная интеграция:** Включение талантливой молодежи в актуальную повестку современной физики (нейтринные осцилляции, поиск темной материи, космология).
- **Hard Skills:** Освоение методов теоретической физики и инструментов анализа данных, используемых в современных экспериментах.
- **Soft Skills:** Развитие навыков научной коммуникации и командной работы в рамках международных стандартов.

3. Требования к кандидатам

Для подачи заявки на участие кандидат должен соответствовать следующим критериям:

3.1. **Гражданство:** Российская Федерация или Республика Беларусь.

3.2. **Образование:** Студенты (не ниже 4-го курса бакалавриата/специалитета), магистранты, аспиранты или выпускники физико-математических факультетов.

3.3. **Базовая подготовка:** Наличие фундаментальных знаний в объеме первых трех курсов физического факультета.

4. Порядок зачисления и сроки

4.1. **Начало обучения:** **01.09.2026 г.**

4.2. **Прием заявок:** Осуществляется в электронной форме на адрес fn@teach-in.ru до **01.10.2026 г.** Форма заявки доступна в Приложении № 2 к настоящему Положению, а также на сайте образовательного портала «Teach-in» (<https://teach-in.ru>).

4.3. **Вводный семестр:** Для перехода к основной программе слушателям рекомендуется самостоятельно освоить три базовых курса на платформе **Teach-in.ru**, содержание которых является необходимым фундаментом для изучения дисциплин Программы:

- [Классическая теория поля](#): Лагранжева и гамильтонова формулировки для непрерывных систем. Уравнения Эйлера-Лагранжа для полей. Симметрии и теорема Нётер. Электромагнитное поле, тензор энергии-импульса. Классические калибровочные поля.
- [Квантовая механика](#): Постулаты, операторы и спектры. Двухуровневые системы и спин. Теория возмущений, рассеяние, золотое правило Ферми. Квазиклассическое приближение. Основы открытых систем.
- [Специальная теория относительности](#): Преобразования Лоренца. Релятивистская кинематика и динамика. Четырёхвекторы и тензоры. Релятивистская электродинамика.

5. Учебный процесс и аттестация

5.1. **Длительность:** 2 учебных года (4 семестра).

5.2. **Модульная система обучения:**

- **Базовый** – общие курсы, обязательные для всех участников
- **Трек "Теоретик"** – теоретическая база **или/и Трек "Экспериментатор"** – методы и технологии
- **Трек "Теоретик"** – феноменология и вычислительная практика **или/и Трек "Экспериментатор"** – анализ и реконструкция
- **Трек "Теоретик"** – интеграционные и передовые курсы **или/и Трек "Экспериментатор"** – интеграционные и передовые курсы

*Полный список курсов Программы доступен в Приложении № 1 к настоящему Положению.

5.3. **Нагрузка:** Регулярный просмотр видеолекций, участие в онлайн-семинарах и выполнение домашних заданий, защита проектов.

5.4. **Контроль успеваемости:** В конце каждого семестра проводится промежуточная аттестация. Условием допуска к аттестации является выполнение установленного минимума домашних и контрольных работ по всем текущим дисциплинам.

5.5. **Экстернат:** Для участников Программы, уже работающих в научной сфере (аспиранты, сотрудники НИИ и т.д.) предусмотрена сдача сессии экстерном.

6. Стипендиальная поддержка

6.1. Слушателям Программы, демонстрирующим высокие академические результаты, выплачивается ежемесячная стипендия.

6.2. **Размер стипендии: 51 724 (пятьдесят одна тысяча семьсот двадцать четыре) рубля 00 копеек, включая НДФЛ (13%)** при выборе одного образовательного трека («Теоретик» или «Экспериментатор»), **103 448 (сто три тысячи четыреста сорок восемь) рублей 00 копеек, включая НДФЛ (13%),** при выборе двух образовательных треков («Теоретик» и «Экспериментатор»)

6.3. **Условие назначения:** Стипендия назначается со 2-го семестра по результатам сдачи сессии за 1-й семестр.

6.4. **Условие сохранения выплат:** Слушатель обязан выполнять **не менее 80%** всех обязательных домашних заданий по профильным курсам в установленные сроки. Невыполнение этого критерия является основанием для приостановки выплат.

6.5. **Оформление:** Выплата производится на основании Договора, заключаемого между АНО «НМЦ «ТИЧИН» и Слушателем.

7. Итоговые документы

7.1. Слушатели, успешно завершившие обучение по всем 4-м семестрам, получают **Официальный сертификат**, подтверждающий освоение Программы.

7.2. Сертификат выдается совместно НИИЯФ МГУ и АНО «НМЦ «ТИЧИН», содержит перечень прослушанных дисциплин и подтверждает высокую квалификацию выпускника в области физики нейтрино и астрофизики частиц:

- **Сертификат «Теоретик»:** Базовое ядро + курсы теоретического трека + итоговый теоретический проект (вычислительный проект по теоретической физике нейтрино – расчёт предсказаний для моделей за пределами СМ; оценка чувствительности экспериментов)
- **Сертификат «Экспериментатор»:** Базовое ядро + курсы экспериментального трека + итоговый экспериментальный проект (исследовательский проект по экспериментальной физике нейтрино – анализ реальных или моделированных данных; работа в составе действующих коллабораций).
- **Двойной сертификат:** Полное освоение обоих образовательных треков и успешная защита двух итоговых проектов.

ПРОГРАММА ОБУЧЕНИЯ:

- **Вводный семестр** - курсы для самостоятельного изучения, необходимые для освоения последующего материала:
 1. **Классическая теория поля** (Лагранжева и гамильтонова формулировки для непрерывных систем. Уравнения Эйлера–Лагранжа для полей. Симметрии и теорема Нётер. Электромагнитное поле, тензор энергии–импульса. Классические калибровочные поля.)
 2. **Квантовая механика** (Постулаты, операторы и спектры. Двухуровневые системы и спин. Теория возмущений, рассеяние, золотое правило Ферми. Квазиклассическое приближение. Основы открытых систем.)
 3. **Специальная теория относительности** (Преобразования Лоренца. Релятивистская кинематика и динамика. Четырёхвекторы и тензоры. Релятивистская электродинамика)
- **1 семестр: Базовое ядро** (общее, обязательное для всех участников):
 1. **Введение в физику нейтрино** (Свойства нейтрино в Стандартной модели. Осцилляции в вакууме и веществе. Методы измерения массы, поляризации. Основные эксперименты и открытые вопросы)
 2. **Квантовая электродинамика** (Квантовая теория поля. Квантование полей. Фейнмановские диаграммы и правила. Сечения и ширины)
 3. **Общая теория относительности** (Геометрия пространства-времени. Уравнения Эйнштейна. Чёрные дыры и космологические решения. Гравитационные волны. Классические тесты ОТО)
 4. **Статистические методы анализа данных** (Вероятностные модели и оценки параметров. Метод максимального правдоподобия. Байесовский подход. Построение доверительных интервалов. Применения в физике частиц)
 5. **Теория групп** (Группы Ли и их алгебры. Представления $SU(2)$, $SU(3)$. Спиноры и тензорные представления. Применения к симметриям в физике частиц)
 6. **Физическое моделирование** (Математические модели физических процессов. Численная реализация. Верификация и валидация моделей. Примеры из астрофизики и физики частиц. Geant4, генераторы взаимодействий (GENIE, NEUT, GiBUU). Управление проектами и Open Science (контроль версий (git), контейнеризация (Docker, Singularity), автоматизация (CI/CD), Воспроизводимые вычисления)

Все участники Программы, успешно сдавшие сессию, после первого семестра выбирают трек: "Теоретик" или/и "Экспериментатор"

- **2 семестр**

Трек "Теоретик": Теоретическая база:

1. **Континуальный интеграл** (Формулировка Фейнмана. Связь с каноническим квантованием. Квазиклассическое приближение. Применение к квантовой механике и полям.)
2. **Физика элементарных частиц** (Классификация частиц. Кварки и лептоны. Калибровочные взаимодействия. Распады и сечения. Экспериментальные методы)
3. **Космология** (Модель Фридмана–Леметра. Ранняя Вселенная. Инфляция. Темная материя и тёмная энергия. Наблюдательные ограничения)
4. **Астрофизика частиц** (Космические лучи. Нейтрино и гамма-астрономия. Источники высоких энергий. Связь микрофизики и астрофизики)
5. **Квантовая теория калибровочных полей** (Нелинейные калибровочные теории. Фиксация калибровки. Фаддеев–Попов. Перенормировка. Ренормгрупповые уравнения)

6. **Вычислительные методы в теоретической физике** (Численные методы решения ОДУ и ЧДУ. Монте-Карло. Диагонализация и спектральные методы. Практика на физических задачах)

Трек "Экспериментатор": Методы и технологии:

1. **Физика элементарных частиц** (Классификация частиц. Кварки и лептоны. Калибровочные взаимодействия. Распады и сечения. Экспериментальные методы)
2. **Космология** (Модель Фридмана–Леметра. Ранняя Вселенная. Инфляция. Темная материя и темная энергия. Наблюдательные ограничения)
3. **Астрофизика частиц** (Космические лучи. Нейтрино и гамма-астрономия. Источники высоких энергий. Связь микрофизики и астрофизики)
4. **Машинное обучение и реконструкция событий** (Методы классификации и регрессии. Нейронные сети. Реконструкция треков и энергий. Применения в детекторах частиц)
5. **Стандартная модель** (Группа калибровки $SU(3)\times SU(2)\times U(1)$. Хиггсовский механизм. Массы и смешивание фермионов. Прецизионные тесты и ограничения)
6. **Низкофонные эксперименты и редкие процессы** (Источники фона и методы подавления. Детекторы для редких распадов. Поиск $0\nu\beta\beta$ и темной материи. Анализ чувствительности)

Кроме указанных курсов во втором семестре каждый участник программы готовит проект, защита которого проходит во время сессии и является обязательной частью аттестации

• **3 семестр:**

Трек "Теоретик": Феноменология и вычислительная практика

1. **Осцилляции нейтрино в КТП** (Вывод формулы осцилляций в рамках КТП. Волновые пакеты. Эффект MSW. Нестационарные среды и декогеренция)
2. **Астрофизические источники нейтрино** (Сверхновые, активные ядра галактик, гамма-всплески. Механизмы ускорения частиц. Предсказания потоков нейтрино)
3. **Суперсимметрия** (Алгебра SUSY. Суперполя. Минимальная суперсимметричная модель. Механизмы нарушения SUSY)
4. **КХД** (Нелинейная динамика глюонов. Асимптотическая свобода. Конфайнмент. Адроны и эффективные теории)
5. **Теории Великого объединения** (Объединение калибровочных взаимодействий. $SU(5)$, $SO(10)$. Протонный распад. Связь с нейтринными массами)

Трек "Экспериментатор": Анализ и реконструкция

1. **Приборы и методы в экспериментальной физике** (Типы детекторов. Электроника и триггер. Калибровка. Систематические неопределённости)
2. **Гравитационные волны** (Линейное приближение ОТО. Источники излучения. Детекторы интерферометрического типа. Астрофизические приложения)
3. **Безнейтринный двойной бета-распад** (Механизмы $0\nu\beta\beta$. Ядерные матричные элементы. Экспериментальные установки. Ограничения на массу Майораны)
4. **Неускорительная нейтринная физика** (Солнечные, атмосферные и реакторные нейтрино. Эффекты материи)

• **4 семестр:**

Трек "Теоретик": Интеграционные и передовые курсы

1. **Механизмы генерации массы нейтрино** (Механизм seesaw типов I–III. Дираковские и майорановские массы. Связь с GUT и лептогенезом)
2. **Физика за пределами Стандартной модели** (Мотивация новой физики. Дополнительные симметрии и частицы. Феноменология коллайдеров и космологии)
3. **Суперсимметрия в физике элементарных частиц** (Спонтанное нарушение суперсимметрии. Механизм Фазе-Илиопулоса. Соотношения между массами. Поля и действия. Механизм Хиггса. Объединение констант. $SU(5)$. Гравитация)

Трек "Экспериментатор": Интеграционные и передовые курсы

1. **Нейтринные телескопы** (Принципы регистрации космических нейтрино. Черенковские детекторы в воде и льду. Реконструкция направлений и энергий)
2. **Астрофизика сверхвысоких энергий** (Ускорение до ультравысоких энергий. Космические лучи UHECR. Нейтрино и гамма-излучение экстремальных источников. Связь с фундаментальной физикой)

Участники Программы, успешно сдавшие сессию второго семестра, приступают к подготовке итогового исследовательского проекта. Подготовка проекта происходит в течение третьего и четвертого семестров параллельно с обучением. Защита проекта проходит в конце обучения во время итоговой сессии:

- **трек "Теоретик"**: вычислительный проект по теоретической физике нейтрино (расчёт предсказаний для моделей за пределами SM; оценка чувствительности экспериментов);
- **трек "Экспериментатор"**: исследовательский проект по экспериментальной физике нейтрино (анализ реальных или моделированных данных; работа в составе действующих коллабораций).

Система сертификации:

- **Сертификат «Теоретик»**: Базовое ядро + курсы теоретического трека + итоговый теоретический проект;
- **Сертификат «Экспериментатор»**: Базовое ядро + курсы экспериментального трека + итоговый экспериментальный проект;
- **Двойной сертификат**: Полное освоение обоих треков и успешная защита двух итоговых проектов.

ФОРМА ЗАЯВКИ НА УЧАСТИЕ В ПРОГРАММЕ

Заполненная анкета направляется в электронном виде (формат PDF/Word) на адрес: fn@teach-in.ru.

Тема письма: Заявка_Фамилия_Имя_Программа_ФН

1. Личные данные

- **ФИО:** _____
- **Дата рождения:** _____
- **Гражданство:** _____
- **Город проживания:** _____
- **Контактный телефон:** _____
- **E-mail:** _____

2. Информация об образовании

- **Учебное заведение (ВУЗ):** _____
- **Факультет / Кафедра:** _____
- **Статус на момент подачи заявки:**
(отметить нужное: студент 4-го курса / 5-го курса / 6-го курса / магистрант / аспирант / выпускник)
- **Средний балл по диплому / зачетной книжке:** _____

3. Научные интересы и компетенции

- **Тема дипломной работы / диссертации (если определена):** _____
- **Навыки программирования (языки, библиотеки):** _____
- **Уровень владения английским языком:** _____
- **Участие в конференциях / наличие публикаций (при наличии):** _____

4. Мотивационное письмо (не более 1000 знаков)

Кратко опишите, почему вы хотите обучаться по программе «Физика нейтрино и астрофизика частиц» и как это поможет вашей дальнейшей научной карьере:

5. Подтверждение

Направляя данную заявку, я подтверждаю достоверность указанных данных и даю свое согласие АНО «НМЦ «ТИЧИН» и НИИЯФ МГУ на обработку моих персональных данных, указанных в анкете, исключительно в целях организации учебного процесса и отбора участников Программы.

Дата: «__» _____ 2026 г.

Подпись: _____