

Форма № 21

УТВЕРЖДАЮ

Вице-директор ОИЯИ

“ _____ ” _____ 20 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОТКРЫТИЯ / ПРОДЛЕНИЯ ТЕМЫ

для включения

В ПРОБЛЕМНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ОИЯИ НА 2019 – 2023 гт.

Шифр темы _____

Лаборатория ЛТФ _____

Отдел НОТФВ _____

Направление: Теоретическая физика _____

Наименование темы: Фундаментальные взаимодействия полей и частиц _____

Руководители темы: Казаков Д.И., Теряев О.В. _____

Краткая аннотация:

В рамках темы «Фундаментальные взаимодействия полей и частиц» предполагаются исследования и решения широкого круга проблем физики элементарных частиц и квантовой теории поля.

Теория фундаментальных взаимодействий элементарных частиц, основным математическим аппаратом которой является квантовая теория поля, представляет собой главный инструмент исследования физики микромира, необходимый для планирования и интерпретации ускорительных и неускорительных экспериментов, построения физической картины мира и реализации ее многочисленных приложений.

Теория фундаментальных взаимодействий тесно взаимосвязана с разнообразными исследованиями в смежных областях — в ядерной, атомной, статистической и математической физике.

Исследования в рамках новой темы будут скоординированы с программами работ на экспериментальных установках ОИЯИ, ЦЕРН и других российских и международных центров. Особое внимание будет уделено задачам, важным для успешной реализации физической программы проекта NICA, как в области физики тяжелых ионов, так и структуры адронов.

Необходимой основой теории фундаментальных взаимодействий является исследование актуальных проблем квантовой теории поля, включающие теоретические исследования амплитуд,

формфакторов и вопросов интегрируемости в калибровочных теориях с расширенной суперсимметрией, исследования АдС-КТП соответствия и соответствия теорий высших спинов и теорий критического поведения.

Важным направлением является изучение феноменологии ряда суперсимметричных и несуперсимметричных расширений Стандартной модели: двухдублетной модели, Минимальной Суперсимметричной Стандартной Модели (МССМ), а также расширений последней: Next-to-minimal CSM, CSM с нарушением R-четности, и т.д.

Будут изучаться эффекты электрослабых взаимодействий широком диапазоне энергий от минимальных (в бета-распадах ядер) до сверх-высоких (на LHC и планируемых электрон-позитронных коллайдерах). Верификация предсказаний стандартной модели является важнейшей задачей современной физики элементарных частиц. Высокая точность современных экспериментов обуславливает необходимость при анализе данных учитывать радиационные поправки. Особое внимание будет уделено процессам с участием электрослабых векторных бозонов, топ-кварка и бозона Хиггса, изучение которых необходимо для проверки стандартной модели при высоких энергиях и поиска новой физики.

Нейтрино остаются одними из наиболее загадочных фундаментальных фермионов, и мы до сих пор не знаем ответы на некоторые неоспоримо принципиальные вопросы. Наибольший интерес представляет проблема абсолютной шкалы нейтринных масс, их иерархии (спектра) и механизма генерации, физическая природа полей нейтрино (дираковские, майорановские или ELKO спиноры), механизм CP-нарушения в нейтринном секторе, фундаментальная природа флэйворных осцилляций в вакууме и веществе (квантовомеханическое смешивание флэйворных состояний или интерференция теоретико-полевых макроскопических фейнмановских амплитуд).

Естественной лабораторией для изучения фундаментальных свойств нейтрино и электрослабого взаимодействия является атомное ядро. Важнейшие проявления электрослабого взаимодействия — это процессы бета-распада, электронного захвата, двойного бета-распада, двойного электронного захвата, а также рассеяние нейтрино на нуклонах, ядрах и электронах.

В настоящий период развития КХД, изучение 3-мерных структурных функций адронов становится одним из приоритетных направлений в физике частиц. Принципиальная задача такого рода исследований — это понимание природы спина нуклонов и, в частности, понимание роли партонных орбитальных моментов в формировании спина составных частиц.

В этой связи, различные теоретические подходы и экспериментальные программы в основном сфокусированы на изучение партонных распределений с существенной зависимостью от поперечных импульсов (ПРПИ). Последние включают в себя нетривиальную информацию о поперечном движении партонных внутри адронов. Центральную роль будет играть теоретическая поддержка экспериментальной программы детектора SPD на комплексе NICA; В связи с относительно небольшими энергиями и передачами импульса при этом важен КХД анализ поляризованных и неполяризованных партонных распределений в аналитической теории возмущений.

Предполагается дальнейшее развитие программы расчётов наблюдаемых величин в эксклюзивных процессах с участием адронов, содержащих тяжёлые чарм- и боттом-кварки. физических характеристик полуплептонных распадов адронов с открытым чармом (D -мезоны, Λ_c -барионы) в связи с проводимыми экспериментами коллаборациями Belle (Япония), BESIII (Китай), а также с планируемым строительством Tau-Charm-фабрики в Новосибирске.

Важным дополнением является использование низкоэнергетических процессов по проверке стандартной модели, вычисление адронных вкладов в сверхтонкое расщепление уровней энергии мюонного водорода и в аномальный магнитный момент мюона, изучение процессов рожде-

ния мезонов в процессе ее аннигиляции и процессов распада тау лептона в расширенной модели Намбу–Иона-Лазинио.

Связь физики фундаментальных взаимодействий и атомной физики реализуется в определении спектра ро-вибрационных состояний в молекулярных ионах изотопов водорода с относительной точностью 10^{-12} , что в свою очередь, при условии выполнения соответствующих экспериментов, позволит уточнить значения константы Ридберга, значения масс электрона, протона, дейтрона, и даст независимое определение зарядового радиуса протона.

Важнейшим направлением является теория адронного вещества при экстремальных условиях, представляющая несомненный самостоятельный интерес и являющаяся непосредственной поддержкой программы комплекса NICA (детекторы MPD и BM@N). Она включает изучение топологических свойств кварк-глюонной плазмы (QGP) методами решеточной КХД, расчет температурной зависимости топологической восприимчивости в критической области, исследование аномального транспорта в QGP, включая механизмы глобальной поляризации барионов, расчет глюонных и кварковых пропагаторов и спектральных функций, транспортных коэффициентов, исследование механизма восстановления киральной симметрии. Для энергий NICA особенно важно изучение критических явлений в плотной кварк-глюонной материи для калибровочных групп SU(2) (прямые решеточные вычисления) и SU(3) (аналитическое продолжение).

Этапы работы (указать год завершения): 2023

Ожидаемый результат по завершении темы

Будут созданы и реализованы в конкретных расчетах новые теоретические подходы к описанию процессов на ускорителях в широкой области энергий, описываемых как различными ингредиентами Стандартной модели, так и ее расширениями. Существенно углублен уровень понимания и сделаны высокоточные предсказания в электрослабой теории, физике нейтрино, квантовой хромодинамике процессов с учетом спиновых степеней свободы, физике эксклюзивных процессов с участием адронов, содержащих тяжелые кварки, физике адронной материи в экстремальных условиях.

Список участников из ОИЯИ

	Лаборатория или другие подразделения ОИЯИ	Основные исполнители
1.	Квантовая теория поля и физика за пределами Стандартной модели	Казаков Д.И. Гладышев А.В. Бедняков А.В.
	ЛТФ	Котиков А.В., Онищенко А.И., Пикельнер А.Ф., Баушев А.Н., Гнатич М., Ремецки Р., Мижишин Л., Владимиров А.А., Козлов Г.А., Дас Ч.Р., Толкачев Д.М., Борлаков А.Т., Яхиббаев Р.М. + 5 студентов
	ЛИТ	Гердт В.П., Тарасов О.В.
	ЛЯП	Бедняков В.А., Калиновская Л.В., Храмов Е.В., Якушев Е.В., Ткачев Л.Г., Будагов Ю.А.
2.	Теория электрослабых взаимодействий и физики нейтрино	Арбузов А.Б. Наумов В.А.

		Шимковиц Ф.
	ЛТФ	Дорохов А.Е., Быстрицкий Ю.М., Бытьев В.В., Бедняков А.В., Пикельнер А.Ф., Сейлханова Г. Бабич А., Кузьмин К.С., Криворученко М.И., Сокальский И.А., Шкирманов Д.С, + 1 студент
	ЛФВЭ	Зыкунов В.А., Какорин И.Д.
	ЛЯП	Калиновская Л.В., Садыков Р.Р., Сапронов А.А., Дыдышко Е.В. + 2 студента
3.	КХД и спиновая/3-мерная структура адронов	Аникин И.В. Теряев О.В.
	ЛТФ	Ефремов А.В. Голоскоков С.В, Михайлов С.В., Селюгин О.В., Клопот Я., Волчанский Н.И., Котлаж Д.В., Силенко А.Я., Бытьев В.В., Дека М., Пивоваров А.А., Прохоров Г.Ю., Оганесян А.Г. + 6 студентов
	ЛФВЭ	Ценов Р. , Нагайцев А.,
	ЛИТ	Гуськов А..
	ЛНФ	
	ЛЯП	
4	Феноменология сильных взаимодействий и прецизионная физика	Иванов М.А. Коробов В.И. Дорохов А.Е.
	ЛТФ	Арбузов А.Б., Волков М.К., Герасимов С.Б., Кочелев Н.И., Сидоров А.В., Осипов А.А., Быстрицкий Ю.М., Павел Х.-П., Альварес Д., Нурлан К., Ганболд Г., Мартинович Л., Суровцев Ю.С., Елисеев С.М., Надь М., Жаугашева С.А., Бекбаев А.К., Исадыков А.Н., Тюлемисов Ж., и 5 студентов
5.	Теория адронной материи при экстремальных условиях	Бляшке Д., Брагута В.В. Коломейцев Е.Э. Неделько С. Н.
	ЛТФ	Альварез-Кастилло Д., Дека М., Доркин С., Дорохов А.Е., Фризен А.В., Голубцова А.А., Гнатич М., Хасегава М., Илгенфриц М., Иванов М., Каптарь Л., Хворостухин А.С., Корчагин Н.С., Котов А., Маслов К., Мелжик В., Никольский А., Пандиат С., Парван А., Снигирев А.М., Теряев О.В., Тонеев В.Д., Воронин В.Е., Воскресенский Д., Зиновьев Г.М. + 5 студентов
	ЛИТ	Айрян А.С., Григорян Х., Калиновский Ю.Л., Никонов Э.
	ЛФВЭ	Рогачевский О.В., Воронюк В

Список участников и организаций

Страна или	Город	Институт или	Участники	Статус
------------	-------	--------------	-----------	--------

международная организация		лаборатория		
Австрия	Грац	Ун-т	Хилгер Т.	Обмен визитами
Аргентина	Буэнос-Айрес	Ун-т	Сирило-Ломбардо Д.	Совместные работы
Армения	Ереван	РАУ		
Беларусь	Гомель	Техн. Ун-т	О.П. Соловцова, В.И. Лашкевич	Совместные работы
Болгария	София	INRNE BAS	Бакалов Д.Д.+2 чел. Д. Стаменов, Е. Христова	Совместные работы
Великобритания	Ливерпуль	University of Liverpool	Andreopoulos С.	Совместные работы
Вьетнам	Ханой	Ин-т физики	Лонг Х.Н., Хуе Л.Т., Хан Н.С.	Совместные работы
Египет	Каир	WLAPP	Tawfik A. + 2 чел.	Совместные работы
Германия	Гамбург	Ун-т	Веретин О.Л., Книль Б.А.	Совместные работы
	Гайделберг	<u>Max-Planck-Institut für Kernphysik</u>	Blaum К.,	Обмен визитами
	Гайдельберг	Ун-т	Я.М. Павловский + 3 чел.	Соглашение
	Гиссен	Ун-т	К. Фишер, Л. фон Смекал, Б.-Й. Шафер, В. Кассинг+ 2 чел.	Соглашение
	Дармштадт	GSI	Братковская Е. + 3 чел.	Соглашение
	Дрезден	Технический Ун-т	Кэмпфер Б.	Совместные работы
	Лейпциг	Ун-т	Бордаг М.	Совместные работы
	Регенсбург	Ун-т	Буйвидович П., V.M. Braun, A.A. Vladimirov, S.M. Strohmaier, A.N. Manashov	Обмен визитами
	Тюбинген	Институт теоретической физики Университета Тюбингена	Faessler A.	Совместные работы
	Цойтен	DESY	Риманн Т., Риманн С.	Совместные работы
	Бохум	Ун-т	Стефанис, Н, Поляков,М., Эпельбаум Е.	Совместные работы

	Дюссельдорф	Ун-т	Шиллер Ш.+5 чел.	Совместные работы
	Гархинг	MPQ	Хори М.	Совместные работы
	Майнц	Ун-т	Кёрнер Ю.	Совместные работы
	Майнц	Helmholtz Inst.	Маас Ф.+2 чел.	Совместные работы
	Тюбинген	Ун-т	Гутче Т. + 1 чел.	Совместные работы
	Франкфурт	Ун-т	Братковская Е. + 1 чел.	Совместные работы
Индия	Бхубанесвар	Институт физики	А. Сривастава	Совместные работы
	Канпур	ИТ	Д. Чакрабарти+2чел.	Совместные работы
Италия	Пиза	INFN	Венанцони Г.,Делиа М. + 1 чел.	Совместные работы
	Триест	SISSA/INFN	Petcov S.T.	Совместные работы
	Бари	INFN, Sezione di Bari	Lisi E.	Совместные работы
	Неаполь	Ун-т	Санторелли П., Чан Т.Т.	Совместные работы
	Парма	Ун-т	Трентадуэ Л.	Совместные работы
	Болонья	Ун-т	Каменщик А.Ю.	Совместные работы
	Рим	INFN Frascati	М.П. Ломбардо	Совместные работы
Испания	Валенсия	University of Valencia	Alvarez-Ruso L.	Совместные работы
	Мадрид	Instituto de Estructura de la Materia	Sarriguren P.	Совместные работы
Китай	Пекин	ИНЕР	Вонг Пинг	Совместные работы
	Чангчун	Jilin University	Fang D. L.	Совместные работы
	Ухань	WIPM CAS	Чжун Ж.-К.+3 чел.	Совместные работы
		Ун-т	Ян З.-Ч.+2 чел.	Совместные работы
	Ланчжоу	IMP	Жанг П.	Совместные работы
Нидерланды	Амстердам	Ун-т ы	Убахс В.+5 чел. Мулдерс	Совместные работы
Польша	Краков	NINP PAS	Броневский В., Вонс З. Kaminski R. Адамчак А.	Совместные работы

	Люблин	Department of Theoretical Physics, Maria Curie-Skłodowska University	Gozdz A.	Совместные работы
	Ополе	Технический Ун-т	A. Kotlorz	Совместные работы
	Варшава	UW, NCBJ	Шимановски Л., Вагнер Я., Педрак А.	Совместные работы
	Краков	JU, NINP PAS	Голек-Бирнат К., Мотыка Л.	Обмен визитами
	Варшава	Ун-т	Пахуцки К.	Совместные работы
Россия	Москва	МГУ	Свешников К.А.	
	Москва	НИЯУ "МИФИ"	Петрухин А.А.	
	Москва	НИИЯФ МГУ	Боос Э.Э., Арбузов Б.А., Баранов С.П,	Обмен визитами
	Москва	ВЦ РАН	Фаустов Р.Н.	Совместные работы
	Москва, Троицк	ИЯИ РАН	Катаев А.Л.,Кулагин С.А.	Совместные работы
	Москва	НИЦ «Курчатовский институт»	Скорохватов М.Д.	Совместные работы
	Москва	ИТЭФ НИЦ КИ	Надёжин Д.К., Юдин А.В.,Захаров В.И., Луццевская Е.В.	Совместные работы
	Протвино	ИФВЭ НИЦ КИ	Гаркуша В. И., Соколов А. А. ,Борняков В.Г.	Совместные работы
	Владивосток	ДВФУ	Накамура А. + 1 чел.	Обмен визитами
	Гатчина	ПИЯФ НИЦ КИ	Воробьев А.А., Ким В.Т.,Новиков Ю.Н.	Совместные работы
	Дубна	Ун-т "Дубна"	Копылова Т.В.	Совместные работы
	Самара	Ун-т	Мартыненко А.П., Мартыненко Ф.А. Салеев В.А.+5 чел.	Совместные работы
	Саратов	Ун-т	Смолянский С.А.	Совместные работы
	Новосибирск	НГУ	Иванов Д.Ю., Грабовский А.В.	Обмен визитами, Совместные работы
	Иркутск	ИДСТУ РАН	Раджабов А.Е.	Совместные работы
	С.-Петербург	СПбГУ	В.А. Андрианов, М. Компаниец	Совместные работы

	Томск	Ун-т	Жевлаков А.С.	Совместные работы
	Москва	РУДН	Севастьянов Л.А.	протокол
Румыния	Бухарест	IFIN-HH, DFT	Д.В. Анхел, И.Каприни	Обмен визитами
Словакия	Братислава	Comenius University	Dvornicky R. Stefanik D.	Совместные работы
	Братислава	IP SAS CU	Дубничка С.+5 чел. Дубничкова А.З.	Совместные работы
	Кошице	IEP SAS	Гнатич М.+3 чел.	Совместные работы
	Банска-Бистрица	Ун-т	Томашик Б. + 3 чел.	Совместные работы
США	Питсбург	University of Pittsburgh	Dytman S.	Совместные работы
	Медфорд	Tufts University	Gallagher H., Wolcott J.	Совместные работы
Украина	Киев	Институт ядерных исследований	Даневич Ф. Третьяк В. И.	Совместные работы
	Киев	ИТФ НАНУ	Бугаев К. , Карпенко Ю. + 2 чел.	Совместные работы
Франция	Париж	LKB ENS	Илико Л.+5 чел.	Совместные работы
	Сакле	SPhN CEA	Томази-Густафсон Э.+2 чел.	Совместные работы
	Нант	Ун-т	Й. Айхелин + 1 чел.	Обмен визитами
Чехия	Rez	Institute of Nuclear Physics ASCR	E. Truhlik J. Adam Jr. M. Tater, Bydzovski P	Совместные работы
	Прага	IP AVCR	Завада П.	Совместные работы
Чили	Вальпараисо	Universidad Tecnica Federico Santa Mariya	Kovalenko S. Любовицкий В.Е. + 2 чел	Совместные работы
Швеция	Лунд	UL	Пасечник Р.	Совместные работы
ЮАР	Кейптаун	Ун-т	Клейманс Дж. +1	Обмен визитами
Южная Корея	Сеул	Department of Physics, Soongsil University	Cheoun M.-K.	Совместные работы
	Incheon	Inha University	Hyun-Chul Kim	Совместные работы
Япония	Цукуба	КЕК	Kumano,S,	Совместные работы

Сроки выполнения работы: 2023 г.

Полная сметная стоимость темы

№№ п/п	Наименование работ	Полная стои- мость	Расходы в год (тыс. долл. США)				
			1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год
1.	Заработная плата	10401,9	1772, 2	1949, 4	2105, 4	2231,6	2343, 3
2.	Единый социальный налог	3141,3	535,2	588,7	635,8	673,9	707,7
3.	Соцбытфонд	676,2	115,2	126,7	136,9	145,1	152,3
4.	Международное сотрудниче- ство	750,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0
5.	Материалы	250,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
6.	Оборудование	400,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0
	ВСЕГО	15619,4	2702, 6	2944, 8	3158, 1	3330,6	3483, 3
7.	Инфраструктура ЛТФ	4288,8	776,2	815,9	855,7	898,5	943,4
	ВСЕГО	19908,2	3478, 8	3759, 8	4013, 8	4229,1	4426, 7
8.	Инфраструктура ОИЯИ	6761,1	1151, 9	1267, 1	1368, 5	1450,5	1523, 1
	ВСЕГО	26179,3	4630, 7	5026, 9	5382, 3	5679,6	5949, 8

СОГЛАСОВАНО:

Главный ученый секретарь

_____/_____/

“___”_____2018 г.

Начальник планово-финансового отдела
ра́тории

_____/_____/

“___”_____2018 г.

Начальник научно-организационного отдела

_____/_____/

“___”_____2018 г.

С.н.с. научно-организационного отдела

_____/_____/

“___”_____2018 г.

Директор лаборатории

_____/_____/

“___”_____2018 г.

Ученый секретарь лабо-
ра́тории

_____/_____/

“___”_____2018 г.

Экономист лаборатории

_____/_____/

“___”_____2018 г.

Руководитель темы

_____/_____/

“___”_____2018 г.