



Проект тематики научных исследований, включаемых в планы научных работ научных организаций и образовательных организаций высшего образования, осуществляющих научные исследования за счет средств федерального бюджета

Наименование организации, осуществляющей научные исследования за счет средств федерального бюджета - заявителя тематики научных исследований (далее - научная тема)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ ИМ. Г.И. БУДКЕРА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Наименование учредителя либо государственного органа или организации, осуществляющих функции и полномочия учредителя

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Наименование научной темы

Тема № 1.3.3.5.3. Исследование новых методов ускорения заряженных частиц

Код (шифр) научной темы, присвоенной учредителем (организацией)

FWGM-2021-0008

Номер государственного учета научно-исследовательской, опытно-конструкторской работы в Единой государственной информационной системе учета результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения (далее - ЕГИСУ НИОКТР)³

AAAA-A17-117061510087-3

Срок реализации научной темы

Год начала (для продолжающихся научных тем)	Год окончания
2021	2023

Наименование этапа научной темы (для прикладных научных исследований)

Нет данных

Срок реализации этапа научной темы (дата начала и окончания этапа в формате ДД.ММ.ГГ. согласно техническому заданию)

Дата начала	Дата окончания



Вид научной (научно-технической) деятельности (нужное отмечается любым знаком в соответствующем квадрате)

Фундаментальное исследование

Ключевые слова, характеризующие тематику (от 5 до 10 слов, через запятую)

Плазма, ускорение частиц, терагерцовое излучение, кильватерное ускорение, численное моделирование.

Коды тематических рубрик Государственного рубрикатора научно-технической информации (далее - ГРНТИ)⁴

29.27.17 : Колебания и волны

29.27.23 : Пучки в плазме

Коды международной классификации отраслей науки и технологий, разработанной Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) (FOS, 2007)

В случае если для тем, для которых указаны коды классификаторов ГРНТИ/ОЭСР разных тематических рубрик первого уровня, определяется ведущее направление наук (указывается первым) и дается обоснование междисциплинарного подхода

1.3.4 : Ядерная физика

В случае соответствия тем одному коду классификаторов ГРНТИ/ОЭСР, описание не приводится

Нет данных

Соответствие научной темы приоритетным направлениям Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (далее - СНТР)⁷

В случае соответствия заявленной темы нескольким приоритетам СНТР определяется ведущее приоритетное направление по приоритету СНТР (указывается первым) и дается обоснование и описание межотраслевого подхода

б) переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии;

Обоснование межотраслевого подхода (в случае указания нескольких направлений приоритетов)

Нет данных

Цель научного исследования

Формулируется цель научного исследования

В рамках темы будут исследоваться как плазменные методы ускорения частиц, так и новые методики, основанные на твердотельных ускоряющих структурах, с целью повышения эффективности и максимально достижимой энергии ускорителей заряженных частиц при понижении размеров и стоимости.



Актуальность проблемы, предлагаемой к решению

Ускорение и фокусировка частиц в плазме привлекательны из-за больших электрических и магнитных полей, которые плазма может выдерживать без разрушения. Типичные поля в экспериментах составляют 1-100 ГВ/м. Это поле, имеющее правильную фазовую скорость, нужно с высокой эффективностью и с высокой частотой повторения создать на большой длине. Для высокого качества ускоренного сгустка необходима высокая точность контроля его формы и параметров ускоряющей плазменной структуры. Характерные размеры ускоряемого сгустка – микрон и сотни микрон, поэтому для его создания, наряду с традиционными фотопушками, используются новые методы, при которых сгусток формируется непосредственно в плазме. Все это и является предметом исследований в настоящее время в мире. В последнее время под плазменными методами ускорения понимают, в первую очередь, кильватерное ускорение, при котором поле в плазме создается движущимся сквозь нее сгустком частиц или лазерным импульсом. Этот метод пока применяют только к ускорению легких частиц (лептонов), так как преимуществ при ускорении нуклонов у него пока нет. Заряд сгустков в кильватерном ускорителе обратно пропорционален ускоряющему полю и не превышает единиц нанокюлонов, а частота следования невелика (десятки килогерц максимум). Этим определяются их потенциальные применения. Компактный коллайдер сверхвысокой энергии на основе плазменных методов по-прежнему остается в неопределенно далеком будущем. Зато в близкой перспективе есть компактные источники рентгеновского и гамма-излучения на основе сверхкоротких электронных сгустков с энергией до 10 ГэВ. Кроме того, плазма в перспективе может предложить отдельные элементы ускорителей: инжекторы, устройства для фокусировки или бунчировки, генерации и(или) ускорения короткоживущих частиц, торможения пучка (beam dump) и другие.

Описание задач, предлагаемых к решению

В рамках проекта будут проводиться исследования новых идей, относящихся к разным схемам плазменного кильватерного ускорения, различающимся способом раскочки кильватерной волны (лазерным импульсом, электронным или протонным пучком). Также будут исследованы разные режимы стохастического ускорения частиц при пучково-плазменном взаимодействии и механизмы генерации терагерцового излучения из плазмы. В частности, в рамках данной темы будут проведены теоретические и экспериментальные исследования генерации электронного пучка в плазменной кильватерной волне, возбуждаемой коротким лазерным импульсом в сверхзвуковой газовой струе. Конечная цель таких экспериментов - генерация гамма-излучения, возникающего при комптоновском рассеянии ускоренных в плазме электронов на встречном лазерном импульсе. Важнейшей характеристикой ускоряемого пучка является полное количество частиц, поэтому в эксперименте планируется исследовать, насколько эффективно встречный лазерный импульс может быть использован для увеличения эффективности захвата плазменных электронов в волну. Такой импульс может играть двойную роль. С одной стороны, он будет создавать возмущения электронной плотности, которые будут способствовать захвату электронов в ускоряющую фазу основной кильватерной волны, с другой стороны, нелинейное взаимодействие встречных кильватерных волн будет приводить к генерации излучения на второй гармонике плазменной частоты, что можно использовать для локальной диагностики плотности плазмы вблизи лазерного фокуса. Для реализации схемы со встречным лазерным импульсом будет разработана оптическая схема, позволяющая с микронной точностью совмещать фокусы лазерных пучков, а для локальной диагностики плотности плазмы и контроля параметров ускоряющей кильватерной волны будет создана система регистрации электромагнитного излучения ИК диапазона. Ещё один метод ускорения электронов в плазме, который планируется исследовать в рамках данной темы, актуален сегодня для открытых ловушек. Эксперименты на установке ГДЛ показали, что инжекция электронного пучка с энергией 20-30 кэВ приводит к формированию в ловушке популяции быстрых электронов с энергиями до 500 кэВ. Современные возможности численного моделирования позволяют детально исследовать механизм такого ускорения, который важен с точки зрения создания в термоядерных установках “чистой” предварительной плазмы, не имеющей примесей тяжёлых элементов. Для получения новых параметров и свойств элементов линейных ускорителей, работающих на более традиционных принципах, и для проверки новых идей ускорительной техники, будет развиваться специализированный СВЧ стенд на основе клистрона с мощностью 6 МВт. С помощью данного стенда, в первую очередь, планируется создать предускоритель-группирователь, который будет обеспечивать захват в режим ускорения интенсивного непрерывного пучка, который в дальнейшем можно использовать для различных целей, в том числе для исследования новых методов ускорения. Также планируется развивать методы диагностики пучка с нестандартными параметрами для тех же целей.



Предполагаемые (ожидаемые) результаты и их возможная практическая значимость (применимость)

Предполагаемые результаты: 1. Будет разработан прототип диагностики заряда пучка неразрушающим способом на основе пассивного резонатора. 2. Будет разработан модулятор клистрона с параметрами: напряжение 50 кВ, средняя мощность 50 кВт, импульсная мощность 15 МВт, длительность импульса 10 мкс. 3. Будет исследовано влияние начальных возмущений на развитие пучково-плазменных и лазер-плазменных неустойчивостей в кильватерных ускорителях. 4. Будут объяснены результаты экспериментов по инжекции электронного пучка в открытую магнитную ловушку ГДЛ и предложена модель ускорения электронов в этой ловушке до энергий выше 500 кэВ. 5. Будет разработана и реализована экспериментальная схема регистрации спектрально-углового распределения ТГц распределения из лазерной плазмы с использованием световодов. 6. Будет разработаны чертежи на прототип группирователя-предускорителя, который должен группировать непрерывный пучок с энергией 15 кВ с коэффициентом захвата в районе 90% и ускорять полученные сгустки до энергии около 1 МэВ. 7. Будет исследована динамика плазменного кильватерного следа на временах, намного превышающих период плазменной волны. 8. Будут проведены первые эксперименты по ускорению электронного пучка в плазме одиночным лазерным импульсом и собрана оптическая схема, позволяющая с микронной точностью совмещать фокусы встречных лазерных импульсов. 9. Будет получено заданное распределение электрического поля в резонаторах на рабочей частоте, а также добиться нужного согласования с подводимым СВЧ мощностью трактом. 10. Будут выяснены механизмы и следствия опрокидывания плазменной кильватерной волны умеренной амплитуды. Возможная практическая значимость: 1. Прототип диагностики заряда на основе пассивного резонатора позволит измерять заряд пучка в процессе работы ускорителя. Диапазон измеряемых зарядов составит от десятков пКл до единиц нКл. В перспективе с помощью пассивного резонатора можно будет измерять длительность пучка. 2. Модулятор клистрона позволит создать СВЧ стенд на основе 6-ти МВт-ого клистрона для разработки новых ускорителей и их компонент, в том числе для работы в области новых методов ускорения. 3. Исследование влияния начальных возмущений на развитие пучково-плазменных и лазер-плазменных неустойчивостей в кильватерных ускорителях позволит установить связь между неидеальностью условий эксперимента и ухудшением качества ускоренного пучка и тем самым дать ответ на практически важный вопрос о требуемой точности соблюдения оптимальных параметров. 4. Понимание механизма ускорения и диффузии быстрых электронов в открытой магнитной ловушке ГДЛ позволит установить перспективность инжекции электронного пучка как метода создания чистой (без примесей) плазмы в будущем термоядерном реакторе. 5. Новая схема регистрации спектрально-углового распределения ТГц излучения позволит создать новую диагностику локальной плотности плазмы в месте возбуждения кильватерной волны и степени её перекрытия со встречным лазерным импульсом. 6. Новый группирователь-предускоритель необходим как для промышленных ускорителей, когда нужен большой средний ускоренный ток пучка, так и для будущих коллайдеров, когда от импульсного тока электронов зависит ток позитронов. При этом источник электронов может работать с низким напряжением, что существенно упрощает его работу. 7. Исследование долговременной динамики плазменного кильватерного следа даст ответ на практически важный вопрос об ограничении на частоту следования циклов ускорения, накладываемом плазменными процессами. 8. Планируемые эксперименты по лазерному кильватерному ускорению будут значимы для повышения тока ускоряемого пучка и яркости источника гамма-излучения. 9. Исследование СВЧ-резонаторов позволит получить необходимые амплитудно-частотные характеристики группирователя-предускорителя, что позволит сравнить работоспособность устройства с расчетными данными. 10. Исследование опрокидывания плазменной кильватерной волны позволит выяснить степени свободы для последующей оптимизации плазменного кильватерного ускорителя.

Научное и научно - техническое сотрудничество, в том числе международное

Работа будет вестись в сотрудничестве с Институтом лазерной физики СО РАН, международной коллаборацией AWAKE, проводящей в ЦЕРН (Швейцария-Франция) одноименный эксперимент, и коллективом установки FACET (Стенфорд, США).



Планируемые показатели на финансовый год

2021 год			
№ п/п	Наименование показателя (в зависимости от характера научных исследований (фундаментальные, поисковые, прикладные))	Единицы измерения	Значение
1	Публикации (типа article и review) в научных журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования (Web of Science Core Collection и (или) Scopus)	единиц	4,000
1.1	Публикации в научных журналах первого и второго квартилей, (квартиль журнала определяется по квартилю наивысшей из имеющихся тематик журнала по данным на момент представления таблицы)	единиц	1,000
2	Рецензируемые доклады в основной программе конференций по тематической области Computer Science уровня А и А* по рейтингу CORE, опубликованные в сборниках конференций или зарубежных журналах	единиц	
3	Прочие публикации в научных журналах, входящих в ядро РИНЦ	единиц	
4	Прочие публикации (препринты и другие) в общепризнанных международных репозиториях по отраслям науки (SSRN, RePEc, arXiv.org и другие)	единиц	
5	Доклады на ведущих международных научных (научно-практических) конференциях в Российской Федерации и за рубежом	единиц	
6	Рецензируемые монографии (при наличии ISBN), рецензируемые энциклопедии (при наличии ISBN)	единиц	
7	Главы в рецензируемых монографиях (при наличии ISBN), статьи в рецензируемых энциклопедиях (при наличии ISBN)	единиц	
8	Аналитические материалы в интересах (по заказам) органов государственной власти	единиц	
9	Число поданных заявок на получение патента или регистрацию результата интеллектуальной деятельности (далее — РИД)	единиц	
10	Доля исследователей в возрасте до 39 лет в численности основных исполнителей темы	%	
11	Защищённые диссертации по теме исследования		
11.1	кандидатские	единиц	
11.2	докторские	единиц	
12	Количество планируемых к разработке медицинских технологий в рамках научной темы	единиц	



2022 год			
№ п/п	Наименование показателя (в зависимости от характера научных исследований (фундаментальные, поисковые, прикладные))	Единицы измерения	Значение
1	Публикации (типа article и review) в научных журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования (Web of Science Core Collection и (или) Scopus)	единиц	4,000
1.1	Публикации в научных журналах первого и второго квартилей, (квартиль журнала определяется по квартилю наивысшей из имеющихся тематик журнала по данным на момент представления таблицы)	единиц	2,000
2	Рецензируемые доклады в основной программе конференций по тематической области Computer Science уровня A и A* по рейтингу CORE, опубликованные в сборниках конференций или зарубежных журналах	единиц	
3	Прочие публикации в научных журналах, входящих в ядро РИНЦ	единиц	
4	Прочие публикации (препринты и другие) в общепризнанных международных репозиториях по отраслям науки (SSRN, RePEc, arXiv.org и другие)	единиц	
5	Доклады на ведущих международных научных (научно-практических) конференциях в Российской Федерации и за рубежом	единиц	
6	Рецензируемые монографии (при наличии ISBN), рецензируемые энциклопедии (при наличии ISBN)	единиц	
7	Главы в рецензируемых монографиях (при наличии ISBN), статьи в рецензируемых энциклопедиях (при наличии ISBN)	единиц	
8	Аналитические материалы в интересах (по заказам) органов государственной власти	единиц	
9	Число поданных заявок на получение патента или регистрацию результата интеллектуальной деятельности (далее — РИД)	единиц	
10	Доля исследователей в возрасте до 39 лет в численности основных исполнителей темы	%	
11	Защищённые диссертации по теме исследования		
11.1	кандидатские	единиц	
11.2	докторские	единиц	
12	Количество планируемых к разработке медицинских технологий в рамках научной темы	единиц	



2023 год			
№ п/п	Наименование показателя (в зависимости от характера научных исследований (фундаментальные, поисковые, прикладные))	Единицы измерения	Значение
1	Публикации (типа article и review) в научных журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования (Web of Science Core Collection и (или) Scopus)	единиц	4,000
1.1	Публикации в научных журналах первого и второго квартилей, (квартиль журнала определяется по квартилю наивысшей из имеющихся тематик журнала по данным на момент представления таблицы)	единиц	2,000
2	Рецензируемые доклады в основной программе конференций по тематической области Computer Science уровня A и A* по рейтингу CORE, опубликованные в сборниках конференций или зарубежных журналах	единиц	
3	Прочие публикации в научных журналах, входящих в ядро РИНЦ	единиц	
4	Прочие публикации (препринты и другие) в общепризнанных международных репозиториях по отраслям науки (SSRN, RePEc, arXiv.org и другие)	единиц	
5	Доклады на ведущих международных научных (научно-практических) конференциях в Российской Федерации и за рубежом	единиц	
6	Рецензируемые монографии (при наличии ISBN), рецензируемые энциклопедии (при наличии ISBN)	единиц	
7	Главы в рецензируемых монографиях (при наличии ISBN), статьи в рецензируемых энциклопедиях (при наличии ISBN)	единиц	
8	Аналитические материалы в интересах (по заказам) органов государственной власти	единиц	
9	Число поданных заявок на получение патента или регистрацию результата интеллектуальной деятельности (далее — РИД)	единиц	
10	Доля исследователей в возрасте до 39 лет в численности основных исполнителей темы	%	
11	Защищённые диссертации по теме исследования		
11.1	кандидатские	единиц	
11.2	докторские	единиц	
12	Количество планируемых к разработке медицинских технологий в рамках научной темы	единиц	

Сведения о руководителе

№ п/п	Фамилия	Имя	Отчество (при наличии)	Год рождения	Ученая степень	Ученое звание	Должность	WOS Research ID	Scopus Author ID	РИНЦ ID	Ссылка на web-страницу
1	Лотов	Константин	Владимирович	Нет данных	Доктор физико-математических наук	Профессор	г.н.с.	H-6217-2016	6701835771	Нет данных	Нет данных

**Сведения об основных исполнителях**

№ п/п	Фамилия	Имя	Отчество (при наличии)	Год рождения	Ученая степень	Ученое звание	Должность	WOS Research ID	Scopus Author ID	РИНЦ ID	Ссылка на web-страницу
1	Багрянский	Петр	Андреевич	Нет данных	Доктор физико-математических наук	Старший научный сотрудник	г.н.с., зав. лаб.	Нет данных	6603485573	Нет данных	Нет данных
2	Тимофеев	Игорь	Валериевич	Нет данных	Доктор физико-математических наук	Нет данных	в.н.с.	ААН-1149-2020	56048969900	Нет данных	Нет данных
3	Анненков	Владимир	Вадимович	Нет данных	Кандидат физико-математических наук	Нет данных	н.с.	Н-5894-2016	55900762900	Нет данных	Нет данных
4	Левичев	Алексей	Евгеньевич	Нет данных	Кандидат физико-математических наук	Нет данных	с.н.с., зав. сект.	Нет данных	36523488800	Нет данных	Нет данных
5	Петренко	Алексей	Васильевич	Нет данных	Кандидат физико-математических наук	Нет данных	н.с.	Р-2751-2019	57191516494	Нет данных	Нет данных
6	Солдаткина	Елена	Ивановна	Нет данных	Кандидат физико-математических наук	Нет данных	с.н.с.	І-3866-2014	9632719800	Нет данных	Нет данных

Планируемая численность персонала, выполняющего исследования и разработки, всего в том числе:	11,000
Исследователи (научные работники)	8,000
Педагогические работники, относящиеся к профессорско-преподавательскому составу, выполняющие исследования и разработки	0,000
Другие работники с высшим образованием, выполняющие исследования и разработки (в том числе эксперты, аналитики, инженеры, конструкторы, технологи, врачи)	1,000
Техники	0,000
Вспомогательный персонал (в том числе ассистенты, стажеры)	2,000



Научный задел, имеющийся у коллектива, который может быть использован для достижения целей, предлагаемых к разработке научных тем или результаты предыдущего этапа

Коллектив исполнителей более 25 лет занимается теорией плазменного кильватерного ускорения и разработкой соответствующих моделирующих программ, опубликовал более 70 статей по данной тематике в реферируемых журналах. У исполнителей проекта имеется значительный задел в исследовании процессов электромагнитной эмиссии, возникающих при столкновении плазменных кильватерных волн. В частности, изучены спектрально-угловые и энергетические характеристики этого излучения. Кроме теоретических исследований, коллектив занимается практическими разработками в области линейных ускорителей и новых методов ускорения. Участниками коллектива была предложена ускоряющая структура миллиметрового диапазона длин волн, предназначенная для работ в области частот W -диапазона [1,2]. Макет такой структуры был выполнен. Данная структура должна позволить получать темп ускорения в районе 100 МэВ/м. Кроме этого, ведутся работы по созданию элементов диагностики пучка с малым зарядом и высокой энергии [3], которые могут генерироваться при исследовании новых методов ускорения, включая плазменное ускорение. Также проводятся работы в области источников электронов на основе СВЧ фотопушек [4, 5], которые также необходимы для создания стендов с новыми методами ускорения. 1. Arsenyeva, M., Barnyakov, A., Levichev, A. Excitation of millimeter wavelength cavity structure (2020) Proceedings of the 29th Linear Accelerator Conference, LINAC 2018, pp. 543-545. 2. Arsenyeva, M.V., Barnyakov, A.M., Levichev, A.E., Nikiforov, D.A. Development of the Millimeter-Wave Accelerating Structure. Physics of Particles and Nuclei Letters, 16 (6), pp. 885-894. (2019) 3. Gambaryan, V.V., Gubin, K.V., Levichev, A.E., Maltseva, Yu.I., Martyshkin, P.V., Pachkov, A.A., Peshekhonov, S.N., Trunov, V.I. Design and test of a Faraday cup for low-charge measurement of electron beams from laser wakefield acceleration (2018) Review of Scientific Instruments, 89 (6). DOI: 10.1063/1.5022845 4. Nikiforov, D.A., Levichev, A.E., Barnyakov, A.M., Andrianov, A.V., Samoilov, S.L. Simulation of a Radio-Frequency Photogun for the Generation of Ultrashort Beams (2018) Technical Physics, 63 (4), pp. 585-592. DOI: 10.1134/S1063784218040163 5. Ogur, S., Charles, T., Oide, K., Papaphilippou, Y., Rinolfi, L., Zimmermann, F., Ozcan, E.V., Furukawa, K., Iida, N., Kamitani, T., Miyahara, F., Barnyakov, A., Levichev, A., Martyshkin, P., Nikiforov, D., Chaikovska, I., Chehab, R., Polozov, S.M. Layout and performance of the FCC-ee pre-injector chain (2018) DOI: 10.1088/1742-6596/1067/2/022011

**Фундаментальные научные исследования, поисковые научные исследования, прикладные научные исследования**

Вид публикации (статья, глава в монографии, монография и другие)	Дата публикации	Библиографическая ссылка	Идентификатор
статья	26.03.2019	V. V. Annenkov, E. A. Berendeev, E. P. Volchok, I. V. Timofeev, Second harmonic electromagnetic emission in a beam-driven plasma antenna. Plasma Phys. Control. Fusion 61, 055005 (2019).	
статья	14.07.2020	A. P. Sumbaev, A. M. Barnyakov & A. E. Levichev, Analysis of the Current Loading of an Accelerating Field Beam From a Lue-200 Accelerator. Russian Physics Journal volume 63, 516 (2020).	
статья	21.09.2020	R.Zgad Zaj, T.Silva, V.K.Khudyakov, A.Sosedkin, J.Allen, S.Gessner, Z.Li, M.Litos, J.Vieira, K.V.Lotov, M.J.Hogan, V.Yakimenko, and M.C.Downer, Dissipation of electron-beam-driven plasma wakes. Nat. Comm. 11, 4753 (2020).	
статья	22.06.2020	K.V.Lotov, Force exerted on particle bunch propagating near plasma-vacuum boundary. Plasma Phys. Control. Fusion 62, 085002 (2020).	
статья	02.10.2019	V.A.Minakov, A.P.Sosedkin, and K.V.Lotov, Accelerating field enhancement due to ion motion in plasma wakefield accelerators. Plasma Phys. Control. Fusion 61, 114003 (2019).	
статья	18.09.2019	N.Moschuering, K.V.Lotov, K.Bamberg, F.Deutschmann, and H.Ruhl, First fully kinetic three-dimensional simulation of the AWAKE baseline scenario. Plasma Phys. Control. Fusion 61, 104004 (2019).	
статья	25.09.2019	E. Gschwendtner, et al (AWAKE Collaboration), Proton-driven plasma wakefield acceleration in AWAKE. Phil. Trans. R. Soc. A 377, 20180418 (2019).	
статья	08.02.2019	E. Adli, et al. (AWAKE Collaboration), Experimental Observation of Proton Bunch Modulation in a Plasma at Varying Plasma Densities. Phys. Rev. Lett. 122, 054802 (2019).	
статья	08.02.2019	M. Turner, et al. (AWAKE Collaboration), Experimental Observation of Plasma Wakefield Growth Driven by the Seeded Self-Modulation of a Proton Bunch. Phys. Rev. Lett. 122, 054801 (2019).	
статья	04.01.2019	Y.Li, G.Xia, K.V.Lotov, A.P.Sosedkin, and Y.Zhao, High-quality positrons from a multi-proton bunch driven hollow plasma wakefield accelerator. Plasma Phys. Control. Fusion 61, 025012 (2019).	
статья	29.08.2018	E. Adli, et al. (AWAKE Collaboration), Acceleration of electrons in the plasma wakefield of a proton bunch. Nature 561, 363 (2018).	
статья	29.10.2019	E. P. Volchok, I.V. Timofeev, V.V. Annenkov, Coherent terahertz emission from a plasma layer due to linear conversion of laser wakefields on pre-modulated ion density. Plasma Phys. Control. Fusion 61, 125006 (2019).	
		Нет данных	
	21.09.2020	Zgad Zaj Rafal, Silva T., et al., Dissipation of electron-beam-driven plasma wakes, Nature Communications, 11,	

**Реализованные научно-исследовательские работы по тематике исследования**

Год реализации	Наименование	Номер государственного учёта в ЕГИСУ НИОКТР
28.02.2020	Остаточные возмущения плазмы в лазерном кильватерном ускорителе	АААА-А18-118062190010-7
28.02.2020	Генерация мощных импульсов когерентного терагерцового излучения фемтосекундными лазерными пучками в плазме с модулированной плотностью	АААА-А18-118062290046-5
31.12.2020	Исследование новых методов ускорения заряженных частиц.	АААА-А17-117061510087-3

Подготовленные аналитические материалы в интересах и по заказам органов государственной власти

Год подготовки	Наименование	Заказчик
----------------	--------------	----------

Доклады по тематике исследования на российских и международных научных (научно-технических) семинарах и конференциях

Дата проведения	Место проведения	Наименование доклада	Статус доклада	Докладчик
	Нет данных	Generation of high-power THz radiation in plasma by colliding laser wakefields		И.В. Тимофеев
	Нет данных	Project of the proof-of-principle experiment on THz generation in colliding laser Wakefields		И.В. Тимофеев
	Нет данных	Powerful and narrowband THz emission from a plasma with counterpropagating electron beams		В.В. Анненков
	Нет данных	Narrowband Thz generation by colliding plasma waves with different transverse sizes		В.В. Анненков
	Нет данных	Powerful electromagnetic emission from a plasma with counterstreaming different-size electron beams		В.В. Анненков
	Нет данных	Highly efficient electromagnetic emission during relaxation of a thin sub-relativistic electron beam in magnetized plasma		В.В. Анненков
	Нет данных	Proton beam self-modulation and electron acceleration in AWAKE experiment		К.В.Лотов
	Нет данных	Proton beam self-modulation and electron acceleration in AWAKE experiment		К.В.Лотов
	Нет данных	Quasistatic and PIC simulations of electron self-trapping by the wake of low power laser pulse		П.В.Туев
	Нет данных	Simulations of long-term wakefield evolution in a radially bounded plasma		К.В.Лотов
	Нет данных	Force exerted on particle bunch propagating near plasma-vacuum boundary		К.В.Лотов

**Выявленные Результаты Интеллектуальной Деятельности**

Виды РИД	Дата подачи заявки или выдачи патента, свидетельства	Наименование РИД	Номер государственной регистрации РИД
----------	--	------------------	---------------------------------------

Защищённые диссертации (кандидатские/докторские)

Вид диссертации	Дата защиты	Наименование Диссертации	Номер государственного учета реферативно-библиографических сведений о защищённой диссертации на соискание учёной степени в ЕГИСУ НИОКТР
Кандидатская	06.12.2019	Электромагнитная эмиссия в тонкой пучково-плазменной системе	AAAA-B19-419120990010-2
Докторская	19.09.2018	Генерация терагерцевого излучения при коллективных взаимодействиях электронных и лазерных пучков с плазмой	AAAA-B18-518092490002-2

Планируемое финансирование научной темы

Основное финансирование(тыс. руб.)	Финансовый год	Плановый период (год +1)	Плановый период (год +2)
Средства федерального бюджета	17995,727	18425,033	0
Итого	17995,727	18425,033	0

М.П.

1-6 - заполняются согласно пункту 5 требований к заполнению формы направления сведений о состоянии правовой охраны результата интеллектуальной деятельности.