

*Форма открытия (продления) Проекта /  
Подпроекта КИП*

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 202\_ г.

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОТКРЫТИЯ / ПРОДЛЕНИЯ  
ПРОЕКТА / ПОДПРОЕКТА КРУПНОГО ИНФРАСТРУКТУРНОГО ПРОЕКТА  
ПО НАПРАВЛЕНИЮ ИССЛЕДОВАНИЙ  
В ПРОБЛЕМНО-ТЕМАТИЧЕСКОМ ПЛАНЕ ОИЯИ**

**1. Общие сведения о проекте**

**1.1. Шифр темы** (для продлеваемых проектов) – 02-1-1086-2009/2023 Странность в адронной материи и исследование неупругих реакций вблизи кинематических границ

**1.2. Шифр проекта / подпроекта КИП** (для продлеваемых проектов и подпроектов)

**1.2. Лаборатория** ЛФВЭ

**1.3. Научное направление** Физика элементарных частиц и релятивистская ядерная физика

**1.4. Наименование проекта / подпроекта КИП** ГиперНИС+SRC

**1.5. Руководитель(и) проекта / подпроекта КИП** Д.О. Кривенков, Ю. Лукстиныш

**1.6. Заместитель(и) руководителя проекта / подпроекта КИП (научный руководитель проекта/ подпроекта КИП)** М.А. Пацюк

**2. Научное обоснование и организационная структура**

**2.1. Аннотация**

Научная программа эксперимента HyperNIS направлена на изучение роли странности в ядрах, поиск и изучение свойств легчайших нейтроноизбыточных гиперядер. В частности, необходимо твердо установить, действительно ли существует гиперядро  ${}^6_{\Lambda}H$ . Следует отметить, что в этом же эксперименте будут исследованы времена жизни и сечения рождения  ${}^4_{\Lambda}H$  и  ${}^3_{\Lambda}H$ . Эти ядра неплохо изучены, поэтому регистрация (не регистрация) в одном эксперименте  ${}^4_{\Lambda}H$  и  ${}^6_{\Lambda}H$  даёт надёжный и однозначный ответ о наблюдении  ${}^6_{\Lambda}H$ . Если существование  ${}^6_{\Lambda}H$  подтвердится, логичным будет продолжение изучения его свойств и поиск  ${}^8_{\Lambda}H$ , наиболее нейтрального ядра среди относительно тяжелых и сложных ядер. Следующим шагом будет изучение  ${}^6_{\Lambda}He$ , ранее наблюдаемого только в эмульсионных экспериментах. Дальнейшие шаги программы направлены на определение энергии связи слабосвязанного гиперядра  ${}^3_{\Lambda}H$ .

Возможная интеграция с экспериментом SRC актуализирует идею Л.Майлинга по оценке матричных элементов слабого нуклон-гиперон взаимодействия. Похоже, что такое измерение это единственный способ определить матричные элементы слабого  $\Lambda N$  взаимодействия. Эта задача может быть решена в более сложных экспериментах, посвященных исследованию эксклюзивных безмезонных распадов таких гиперядер как  ${}^1_0\Lambda Be$  и  ${}^1_0\Lambda B$  с целью определения вероятностей каналов их распада  $\Gamma_{\alpha\alpha i}^{n(p)}$ , которые в свою очередь зависят от различных комбинаций четырех матричных элементов. Таким образом, изучение таких гиперядер дает уникальную возможность для определения всех необходимых матричных элементов слабого  $\Lambda N$  взаимодействия. В эксперименте должна быть зарегистрирована цепочка распадов, например,  ${}^1_0\Lambda Be \rightarrow n + p + {}^8Be^*$  с последующим распадом  ${}^8Be^*$  на узкую  $\alpha$ -пару. По нашим оценкам, такой эксперимент можно проводить одновременно с набором статистики по программе SRC в пучке углерода.

Свойства ядер определяются взаимодействием их составляющих: нуклонов в области низкого разрешения и кварками и глюонами в области высокого разрешения. Соотношение между двумя этими подходами во многих случаях нетривиально. Короткодействующие двухнуклонные корреляции (КДК) имеют отношение к обоим энергетическим режимам.

КДК представляют из себя сильно взаимодействующие пары нуклонов, которые образуются на короткий промежуток времени. Нуклоны в этом состоянии находятся на расстоянии, сравнимым с радиусом нуклона, и обладают более высокими импульсами, чем нуклоны среднего поля. Эксперименты по электронному рассеянию показали, что КДК имеют важное далеко идущее влияние на описание многочастичных систем, нуклон-нуклонное взаимодействие и структуру нуклона.

## 2.2. Научное обоснование (цель, актуальность и научная новизна, методы и подходы, методики, ожидаемые результаты, риски)

Целью эксперимента ГиперНИС является исследование стабилизирующих эффектов странности в ядерной материи и свойств легчайших гиперядер.

Известно, что теоретические расчёты дают противоречивые прогнозы на существование гиперядра  ${}^6_\Lambda H$ . Э.Хияма и др. (E. Hiyama, S. Ohnishi, and M. Kamimura, Nucl. Phys. A908, 29 (2013)29), пользуясь одной из возможных моделей ядра, пришли к выводу, что гиперядро  ${}^6_\Lambda H$  не существует. Напротив, Б.Гибсон и Афнан (B.F.Gibson, I.R.Afnan, Nuc.Phys. A914 (2013) 179) оценили энергию связи для этого ядра в районе порядка 1 МэВ. Другими словами, для выбора реалистичной модели нужны дополнительные экспериментальные данные. Напомним, что экспериментальная ситуация сложная. В эксперименте FINUDA (Фраскати) были найдены три события рождения и распада  ${}^6_\Lambda H$ , но без прямой идентификации гиперядер. Сомнения вызывает и то, что оценка энергии связи ядра  ${}^6_\Lambda H$  в одном из этих трёх событий отличается от соответствующей оценки для двух других событий на величину, превышающую оценки экспериментальных ошибок (M.Agnelo et al., Phys. Rev. Lett. 108 (2012) 042501).

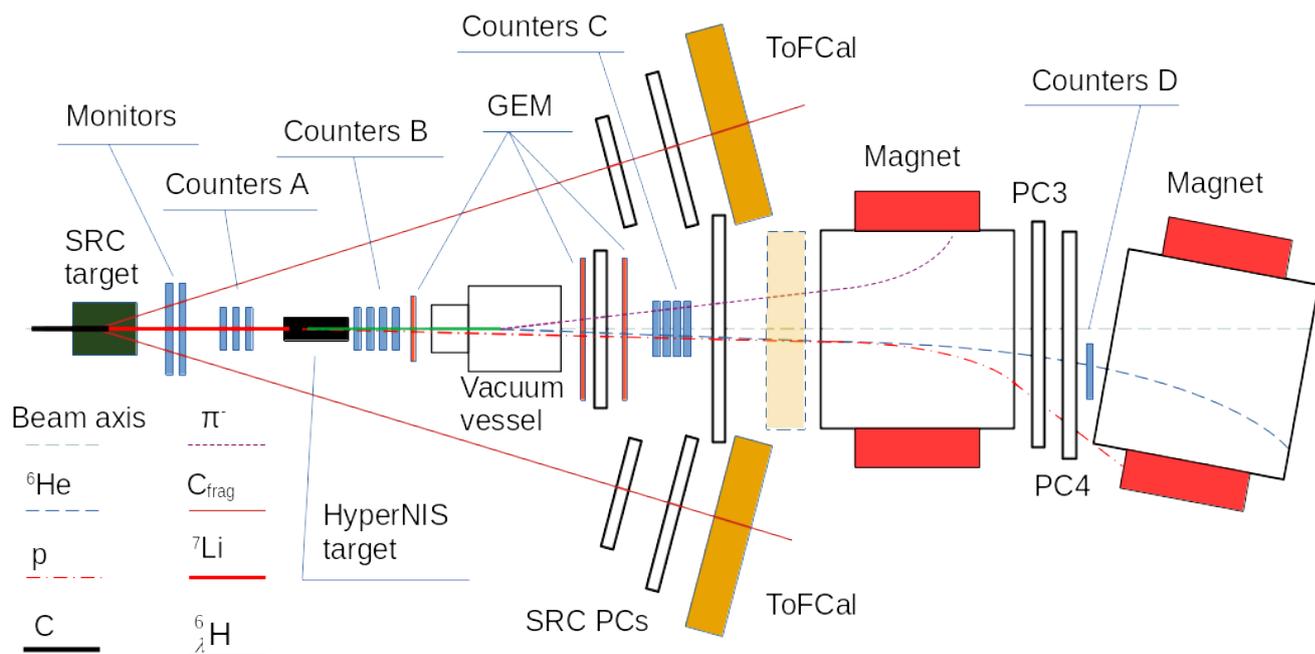
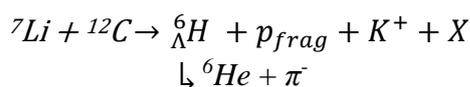


Схема объединенного спектрометра для экспериментов ГиперНИС и SRC

Эксперимент в Японии (J-PARC) дал нулевой результат вместо прогнозируемых 50 событий, но на основе этого еще нельзя утверждать, что гиперядро тяжёлого водорода не существует, поскольку и теоретические неопределённости процесса двойной перезарядки, и не самая удачная постройка эксперимента не вызывает доверия оценкам ожидаемой статистики и оставляет возможность существования гиперядра  ${}^6_{\lambda}H$ . А.Гал ещё до реализации этого эксперимента предсказывал, что в такой постройке не удастся выделить гиперядро  ${}^6_{\lambda}H$ . Поэтому эксперимент ГиперНИС в ЛФВЭ, в котором ожидается надёжная идентификация гиперядер и для их рождения не нужна двойная перезарядка, может быть решающим. Тем более, что эксперименты в Фраскати давно остановлены, а увеличение статистики в японском опыте требует слишком длительного сеанса в ущерб другим экспериментам (общий спектрометр используется во многих проектах); продление сеансов не планируется.

Установка HyperNIS включает в себя 20 счетчиков (16 сцинтилляционных и 4 черенковских), 10 пропорциональных камер (PC), углеродную мишень, вакуумный объем и магнит. GEM детекторы закуплены и после доставки в ОИЯИ будут добавлены к установке. Дополнительный магнит и два плеча добавятся к спектрометру с интеграцией эксперимента SRC. Одно из этих плеч планируется использовать в качестве время-пролетной системы. Принцип работы используемого триггера основан на том, что при распаде гиперядра с испусканием  $\pi^-$ -мезона, заряд ядра увеличивается на единицу, что позволяет надёжно отсеивать фон от фрагментации ядер, а также отслеживать заряд исследуемого ядра на всех этапах следующей реакции:



Минимум фоновых событий обеспечивается также за счет поиска точки распада гиперядра в вакууме, что исключает события фрагментации, способные имитировать полезный сигнал.

Ожидаемые результаты.

1. Разрешение вопроса о существовании гиперядра  ${}^6_{\lambda}H$ .

2. Новые экспериментальные данные о свойствах легчайших гиперядер и проверка экспериментом теоретических моделей для этих гиперядер.

3. Новые экспериментальные данные о положении границы стабильности (drip-line) для нейтроноизбыточных легких гиперядер, необходимые для развития теории нейтроноизбыточных гиперядер и моделей их рождения в нецентральных ядро-ядерных взаимодействиях.

Оптимальная статистика для достижения цели эксперимента – 500 зарегистрированных событий рождения и распада гиперядра  ${}^9\text{H}$ . Для этого необходимо получить 200 часов пучкового времени при стабильной работе ускорителя без учета времени настройки спектрометра.

После второго набора данных проект SRC был отделен от эксперимента BM@N и совмещен с экспериментом ГиперНИС. Детекторы SRC были перемещены из зоны BM@N на зону ГиперНИС в здании 205 и хранятся там.

Максимальный пучок, доступный на зоне ГиперНИС – 9 ГэВ/с/заряд, что соответствует 4.5 ГэВ/с/нуклон для углеродного пучка. Оптимальным значением импульса пучка для исследований по тематике SRC является значения в диапазоне 3-3.5 ГэВ/с/нуклон, что хорошо согласуется с возможностями ГиперНИС.

Установка SRC на ГиперНИС включает основные объекты существующей установки ГиперНИС и некоторые новые элементы:

1. Второй анализирующий дипольный магнит СП-40 для того, чтобы получить достаточное импульсное разрешение для фрагментов
2. Двухплечевой спектрометр, который состоит из двух станций координатных детекторов (ГЕМ и КСК) и большой новый калориметр с времяпролетным слоем. Эти детекторы используются для восстановления треков в плечах, идентификации и измерения импульса протонов
3. Координатные детекторы между двумя магнитами СП-40 и после обоих магнитов для регистрации, идентификации и измерения импульса ионов конечного состояния.

Описанные изменения в установке ГиперНИС могут быть реализованы почти без помех для оборудования ГиперНИС, что обеспечит функционирование обоих экспериментов на одной и той же площадке.

Установка второго магнита потребует инженерных проверок и подготовительных работ по укреплению пола на площадке ГиперНИС.

### **2.3. Предполагаемый срок выполнения**

Мы просим открыть проект на 2024-2028 гг.

### **2.4. Участвующие лаборатории ОИЯИ**

**ЛФВЭ, ЛЯП**

#### 2.4.1. Потребности в ресурсах МИВК

Вычислительные ресурсы	Распределение по годам				
	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год
Хранение данных (ТБ) - EOS - Ленты	0	0	0	0	0
Tier 1 (ядро-час)	0	0	0	0	0
Tier 2 (ядро-час)	0	0	0	0	0
СК «Говорун» (ядро-час) - CPU - GPU	0	0	0	0	0
Облака (CPU ядер)	0	0	0	0	0

#### 2.5. Участвующие страны, научные и научно-образовательные организации

Организация	Страна	Город	Участники	Тип соглашения
TAU	Израиль	Тель-Авив	Калбов Дж.	Совместные работы
TAU	Израиль	Тель-Авив	Йохансон Г.	Совместные работы
MIT	США	Кембридж	Хен О.	Совместные работы
STU	Чехия	Прага	Поспишил С.	Совместные работы
RCNP	Япония	Осака	Накано Т.	Совместные работы
RCNP	Япония	Осака	Токиясу А.	Совместные работы

**2.6. Организации-соисполнители** *(те сотрудничающие организации/партнеры без финансового, инфраструктурного участия которых выполнение программы исследований невозможно. Пример — участие ОИЯИ в экспериментах LHC в CERN)*

### 3. Кадровое обеспечение

#### 3.1. Кадровые потребности в течение первого года реализации

№№ п/п	Категория работника	Основной персонал, сумма FTE	Ассоциированный персонал, сумма FTE
1.	научные работники	10.85	
2.	инженеры	3.75	
3.	специалисты		
4.	служащие		
5.	рабочие		
	<b>Итого:</b>	<b>14.6</b>	

#### 3.2. Доступные кадровые ресурсы

##### 3.2.1. Основной персонал ОИЯИ

№№ п/п	Категория работников	ФИО	Подразделение	Должность	Сумма FTE
1.	научные работники	Кривенков Д.О.	ЛФВЭ	начальник сектора	0,7
2.	научные работники	Аверьянов А.В.	ЛФВЭ	нс	0,89
3.	научные работники	Аксиненко В.Д.	ЛФВЭ	снс	0,77
1.	научные работники	Аникина М.Х.	ЛФВЭ	консультант	0,5
1.	научные работники	Атовуллаев Т.	ЛФВЭ	стажер- исследовате ль	1
1.	научные работники	Короткова А.М.	ЛФВЭ	нс	0,94
1.	научные работники	Лукстиныш Ю.	ЛФВЭ	консультант	0,45
1.	научные работники	Пацюк М.А.	ЛФВЭ	снс	1
1.	научные работники	Фещенко А.А.	ЛФВЭ	внс	0,69
1.	научные работники	Хворостухин А.С.	ЛФВЭ	снс	1
1.	научные работники	Терещенко	ЛЯП	начальник	0,2

		В.В.		сектора	
2.	инженеры	Охрименко О.В.	ЛФВЭ	инженер- электроник	1
2.	инженеры	Парфенова Н.Г.	ЛФВЭ	инженер	0,5
2.	инженеры	Пляшкевич С.Н.	ЛФВЭ	ведущий инженер	1
2.	инженеры	Саламатин А.В. – 0.5	ЛФВЭ	лаборант	0,5
2.	инженеры	Атовуллаева А.	ЛФВЭ	инженер	1
2.	инженеры	Бочкова А.Г.	ЛФВЭ	лаборант	0,5
3.	специалисты				
4.	рабочие				
	<b>Итого:</b>				<b>13,1</b>

### 3.2.2. Ассоциированный персонал ОИЯИ

№.№ п/п	Категория работников	Организация-партнер	Сумма FTE
1.	научные работники		
2.	инженеры		
3.	специалисты		
4.	рабочие		
	<b>Итого:</b>		

## 4. Финансовое обеспечение

### 4.1. Полная сметная стоимость проекта / подпроекта КИП

Прогноз полной сметной стоимости (указать суммарно за весь срок, за исключением ФЗП). Детализация приводится в отдельной форме.

### 4.2. Внебюджетные источники финансирования

Предполагаемое финансирование со стороны соисполнителей/заказчиков — общий объем.

Руководитель проекта / подпроекта КИП \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

Дата представления проекта / подпроекта КИП в ДНОД \_\_\_\_\_

Дата решения НТС Лаборатории \_\_\_\_\_, номер документа \_\_\_\_\_

Год начала проекта / подпроекта КИП \_\_\_\_\_

(для продлеваемых проектов) — год начала работ по проекту \_\_\_\_\_

**Предлагаемый план-график и необходимые ресурсы для осуществления  
Проекта / Подпроекта КИП**

Наименования затрат, ресурсов, источников финансирования		Стоимость (тыс. долл.) потребности в ресурсах	Стоимость, распределение по годам				
			1 год	2 год	3 год	4 год	5 год
	Международное сотрудничество (МНТС)	75	15	15	15	15	15
	Материалы	85	25	15	15	15	15
	Оборудование и услуги сторонних организаций (пуско-наладочные работы)						
	Пуско-наладочные работы						
	Услуги научно- исследовательских организаций						
	Приобретение программного обеспечения	10	2	2	2	2	2
	Проектирование/строительство						
	Сервисные расходы (планируются в случае прямой принадлежности к проекту)						
<b>Необходимые ресурсы</b>	<b>Нормо-час</b>	Ресурсы					
		– сумма FTE,	15	15	15	15	15
		– ускорителя/установки,	360	360	360	360	360
		– реактора,.....					
<b>Источники финансирования</b>	<b>Бюджетные средства</b>	Бюджет ОИЯИ ( <i>статьи бюджета</i> )					
	<b>Внебюджет (доп. смета)</b>	Вклады соисполнителей  Средства по договорам с заказчиками  Другие источники финансирования					

Руководитель проекта / подпроекта КИП \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/

Экономист Лаборатории \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ ПРОЕКТА / ПОДПРОЕКТА КИП

НАИМЕНОВАНИЕ ПРОЕКТА / ПОДПРОЕКТА КИП

УСЛОВНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ ПРОЕКТА / ПОДПРОЕКТА КИП

ШИФР ПРОЕКТА / ПОДПРОЕКТА КИП

ШИФР ТЕМЫ / КИП

ФИО РУКОВОДИТЕЛЯ ПРОЕКТА / ПОДПРОЕКТА КИП

СОГЛАСОВАНО

ВИЦЕ-ДИРЕКТОР ИНСТИТУТА

\_\_\_\_\_

ПОДПИСЬ

\_\_\_\_\_

ФИО

\_\_\_\_\_

ДАТА

ГЛАВНЫЙ УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ  
ИНСТИТУТА

\_\_\_\_\_

ПОДПИСЬ

\_\_\_\_\_

ФИО

\_\_\_\_\_

ДАТА

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР

\_\_\_\_\_

ПОДПИСЬ

\_\_\_\_\_

ФИО

\_\_\_\_\_

ДАТА

ДИРЕКТОР ЛАБОРАТОРИИ

\_\_\_\_\_

ПОДПИСЬ

\_\_\_\_\_

ФИО

\_\_\_\_\_

ДАТА

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ЛАБОРАТОРИИ

\_\_\_\_\_

ПОДПИСЬ

\_\_\_\_\_

ФИО

\_\_\_\_\_

ДАТА

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ ЛАБОРАТОРИИ

\_\_\_\_\_

ПОДПИСЬ

\_\_\_\_\_

ФИО

\_\_\_\_\_

ДАТА

РУКОВОДИТЕЛЬ ТЕМЫ / КИП

\_\_\_\_\_

ПОДПИСЬ

\_\_\_\_\_

ФИО

\_\_\_\_\_

ДАТА

РУКОВОДИТЕЛЬ ПРОЕКТА /  
ПОДПРОЕКТА КИП

\_\_\_\_\_

ПОДПИСЬ

\_\_\_\_\_

ФИО

\_\_\_\_\_

ДАТА

ОДОБРЕН ПКК ПО НАПРАВЛЕНИЮ

\_\_\_\_\_

ПОДПИСЬ

\_\_\_\_\_

ФИО

\_\_\_\_\_

ДАТА