



НАУКА СОДРУЖЕСТВО ПРОГРЕСС

ЕЖЕНЕДЕЛЬНИК ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
Газета выходит с ноября 1957 года № 18 (4515) Четверг, 28 мая 2020 года

Поздравление азербайджанским коллегам

Государственная премия Азербайджанской Республики в области науки за 2020 год за сборник научных статей на тему «Новое квантовое состояние материи – антиферромагнитный топологический изолятор: дизайн, основные электронные характеристики и перспективы применения» решением Президента Азербайджана Ильхама Алиева от 22 мая 2020 года присуждена Назиму Тимур оглу Мамедову – полномочному представителю правительства Азербайджанской Республики в ОИЯИ, Имамеддину Раджабали оглу Амирасланову, Надиру Аллахверди оглу Абдуллаеву, Зие Сахаведдин оглу Алиеву. Дирекция ОИЯИ направила коллегам и друзьям поздравление с пожеланиями новых больших успехов на благо науки и международного сотрудничества.

32-я МКШ: в новом формате

В связи с неблагоприятной эпидемиологической обстановкой 32-я Международная компьютерная школа пройдет в новом для нее онлайн формате.

Для учащихся школ МКШ-2020 будет проводиться с 19 июля по 2 августа, а для педагогов и студентов, которые желают освоить проектный подход в обучении исследовательской деятельности, – с 12 по 17 июля.

Порядок регистрации участников следующий: 1. До 5 июня надо пройти предварительную регистрацию на сайте mksh.ru, заполнив анкету участника (отдельно для школьника, отдельно для наставника). 2. После объявления программы Школы 12 июня записаться на вид деятельности (формы будут открыты 7 июня).

Изменение формата проведения МКШ означает и особенности организации учебного процесса. Участникам Школы 7 июня будут объявлены мини-проекты, мини-спекурсы и досуговые онлайн мероприятия, продолжительность которых составит 5-6 учебных дней. Мини – потому что они ограничены по времени и по составу (не более 5-6 человек группа). Участвовать можно сразу в нескольких видах деятельности, если это позволит расписание.

В зеркале прессы

Ученые из ФИАН, МФТИ и ИЯИ РАН установили, что нейтрино высоких энергий рождаются вблизи черных дыр в далеких квазарах. Этим работам посвящены обзоры, опубликованные Астрокосмическим центром ФИАН и пресс-службой МФТИ, а также публикация в газете «Троицкий вариант». По просьбе редакции еженедельника «Дубна» это научное событие комментирует доктор физико-математических наук заместитель директора Лаборатории ядерных проблем имени В. П. Дзепелева ОИЯИ Дмитрий Наумов.

Работа российских ученых А. В. Плавина, Ю. Ю. Ковалева, Ю. А. Ковалева и С. В. Троицкого, опубликованная в астрофизическом журнале, посвящена выяснению одного из самых интригующих вопросов – происхождения нейтрино сверхвысоких энергий, следы которых ищет строящийся на Байкале нейтринный телескоп. Где-то во Вселенной действуют природные ускорители частиц, разгоняющие их до огромных энергий, недостижимых для земных ускорителей.

Ученые давно подозревали, что

Где рождаются нейтрино

активные галактические ядра (АГН) – хорошие кандидаты в такие ускорители. Но надежных свидетельств этому почти нет. Авторы статьи, взглянув на проблему с очень необычной стороны («посмотрели» на АГН в радиодиапазоне), обнаружили серьезное указание (вероятность случайного совпадения 0,2 %) на то, что именно в АГН могут рож-

даться нейтрино сверхвысоких энергий. Байкальский и другие нейтринные телескопы, радиоинтерферометры дадут новый импульс этим исследованиям, что поможет ученым разобраться в загадке происхождения таких нейтрино и лучше понять процессы эволюции Вселенной.

Читайте материалы на 3–5-й страницах газеты.



Телескоп РАТАН-600 помогает разобраться, где рождаются нейтрино.
Иллюстрация Дарьи Сокол, пресс-служба МФТИ.

Коронавирус сплотил IT-компании и вузы

Ежегодная Всероссийская конференция «Преподавание информационных технологий в Российской Федерации» собрала в этом году почти 900 участников, представляющих 636 организаций из 181 города пяти стран.

Это преподаватели университетов и колледжей Москвы, Санкт-Петербурга, Сибири, Поволжья, Краснодарского края и других регионов, эксперты ведущих российских и зарубежных IT-компаний, представители институтов развития и профильных органов управления. Тематика включала вопросы, касающиеся современных трендов развития информационных технологий, подготовки IT-специалистов в условиях цифровой экономики и ее новых форм, лучших практик взаимодействия вузов и индустрии и других проблем и задач.

Организаторы онлайн-форума – Ассоциация предприятий компьютерных и информационных технологий (АПКИТ) и Московский физико-технический институт (национальный исследовательский универ-

ситет МФТИ). В ходе панельных дискуссий и круглых столов спикеры оценили текущую ситуацию и имеющиеся возможности для реализации цифровых форматов обучения, подвели итоги и спрогнозировали последствия резкого перехода вузов и школ в дистанционный режим работы. Основная двухдневная программа продолжилась бесплатными мастер-классами IT-компаний для сотрудников образовательных организаций и управленцев.

Особое внимание участники конференции уделили сотрудничеству вузов и предприятий отрасли. По расчетам аналитиков НИУ «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ), к 2030 году примерно половина показателя роста ВВП может быть обеспечена за счет информационных технологий. Спикеры неоднократно подчеркивали, что состояние IT-отрасли, как и других, во многом будет зависеть от готовности преподавателей всех уровней образования дать специалистам необходимые знания. Сегодня актуальны такие направления обучения кадров, как повышение квалификации сотрудников IT-компаний, перепрофилирование работников предприятий реального сектора с инженерным образованием и поднятие уровня общих ИКТ-навыков тех, кто трудится в социальной сфере. Представители Минкомсвязи и Минобрнауки заявили, что поддержат инициативы по расширению соответствующих образовательных программ, а также усилия по возвращению IT-специалистов в Россию.

Дефицит квалифицированных кадров – ключевая проблема для участников АПКИТ, при этом нехватка сотрудников, владеющих информационно-коммуникационными технологиями, велика и в других отраслях. По данным руководителя комитета АПКИТ по образованию, директора компании «1С» Бориса Нуралиева, в 2019 году в России число занятых в сфере IT составило 1,45 миллиона человек, а вместе с инженерами связи – 1,8 миллиона, и это примерно 2,4% от всех работающих. Аналогичный показатель в большинстве стран Европы – от 3 до 5%, у нас ему соответствует только Москва, тогда как в регионах IT-специалистов остро не хватает.

С каким электронным ресурсом наши вузы были вынуждены массово в срочном порядке переходить на дистанционное обучение? Примерная картина общей ситуа-

ции складывается из данных, сохранившихся в докладах участников конференции. Например, доцент СПбГУ Людмила Гадасина сообщила, что активно публикует свои курсы на различных образовательных платформах только группа ведущих университетов, среди которых она особо отметила СПбГУ, НИУ «ВШЭ», МГУ, МФТИ, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» и ИТМО.

– Массовый переход вузов в дистанционный формат обучения показал, какие инструменты работают, а какие требуют доработки и корректировки наших планов, – отметил директор департамента. – Надеюсь, что конференция поможет выявить ключевые направления дальнейших действий и точек приложения совместных с компаниями усилий в рамках развития и совершенствования информационных технологий в Российской Федерации.

Самые востребованные факультеты

Сервис «Интерактивная рабочая тетрадь Skysmart» провел опрос среди 1 200 школьников. Выяснилось, что большая часть выпускников этого года уже знают, куда будут поступать. Причем, по мнению подавляющего большинства, пандемия никак не повлияла на принятие решения.

На первом месте, причем с большим отрывом, факультет IT-технологий, его выбрали 20% опрошенных одиннадцатиклассников. На втором месте – медицинский факультет (12%). На третьем – экономический (10%). Далее следуют: юрфак (10%, мехмат (7%), иняз и гуманитарный (по 6%), физфак (5%), биофак (4%), истфак и химфак (по 3%), филфак и географический (по 1%).

10% выбрали графу «не знаю». В этом году не планируют поступать в вуз лишь 3% опрошенных. Большинство собирающихся стать студентами школьников (9 из 10) хотели бы учиться на бюджетном отделении.

По материалам газеты «Поиск»,
22 мая 2020 года



Еженедельник Объединенного института
ядерных исследований

Регистрационный № 1154
Газета выходит по четвергам.

Тираж 1020.

Индекс 00146.

50 номеров в год

Редактор Е. М. МОЛЧАНОВ

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

141980, г. Дубна, Московской обл.,
аллея Высоцкого, 1а.

ТЕЛЕФОНЫ:

редактор – 65-184;

приемная – 65-812

корреспонденты – 65-181, 65-182;

e-mail: dnsp@jinr.ru

Информационная поддержка –
компания КОНТАКТ и ЛИТ ОИЯИ.

Подписано в печать 27.5.2020 в 12.00.

Цена в розницу договорная.

Газета отпечатана
в Издательском отделе ОИЯИ.

Где рождаются нейтрино

Ученые из ФИАН, МФТИ и ИЯИ РАН установили, что нейтрино высоких энергий рождаются вблизи черных дыр в далеких квазарах.

Российские ученые подошли к разгадке проблемы, которая в последние годы занимает умы физиков всего мира. Астрофизики сравнили данные, полученные на нейтринном телескопе IceCube в Антарктиде, с радиоастрономическими наблюдениями квазаров. В результате удалось найти связь между космическими нейтрино и вспышками в центрах далеких активных галактик. Согласно современным представлениям ученых, в центрах таких галактик расположены сверхмассивные черные дыры. Во время падения вещества на черную дыру часть потока частиц выбрасывается обратно, ускоряется и рождает нейтрино, которые затем со скоростью света летят через всю Вселенную.

Нейтрино – мельчайшие и загадочные элементарные частицы. Даже их массу ученые до сих пор не знают, настолько она маленькая. Нейтрино свободно проникают сквозь предметы, людей и даже нашу планету. Нейтрино высоких энергий могут рождаться только с помощью протонов, разогнавшихся почти до скорости света. Нейтринная обсерватория IceCube, начавшая работу в 2010 году, регистрирует такие нейтрино и измеряет их энергии и направления прихода. Астрофизики решили сфокусироваться на анализе происхождения нейтрино сверхвысоких энергий – более 200 триллионов электрон-вольт. Авторы сравнили измерения телескопа IceCube с многочисленными наблюдениями неба в радиодиапазоне и установили, что эти нейтрино образуются в центрах квазаров с массивными черными дырами, аккреционными дисками и выбросами очень горячего газа. Более того, найдена связь между рождением нейтрино и вспышками радиоионизации в этих активных галактиках.

«Наш результат говорит о том, что нейтрино высоких энергий рождаются в активных ядрах галактик, причем именно в моменты вспышек радиоионизации. Поскольку и эти частицы, и радиоволны распространяются по Вселенной со скоростью света, мы «видим» их на Земле одновременно», – рассказал аспирант Александр Плавин из Физического института имени Ле-

бедева РАН (ФИАН) и Московского физико-технического института (МФТИ). Далеко не каждому везет получить такой результат уже на старте научной карьеры.

Статья российских астрофизиков опубликована в авторитетном журнале *Astrophysical Journal* (работа также доступна из архива препринтов). В своей статье ученые на первом этапе показали, что направления, откуда на Землю приходят нейтрино сверхвысоких энергий, совпадают с положением ярких квазаров по данным сети радиотелескопов всего мира. На втором этапе физики решили проверить гипотезу о том, что нейтрино сверхвысоких энергий появляются в галактиках во время вспышек радиоионизации. Для этого они использовали данные российского телескопа РАТАН-600, расположенного на Северном Кавказе в Карачаево-Черкессии. Всего было проанализировано около полусотни нейтрино высоких энергий, зарегистрированных IceCube. Ранее источники таких нейтрино искали преимущественно в гамма-лучах, поскольку считалось, что нейтрино должны рождаться вместе с гамма-излучением.

«До нас ученые искали источник нейтрино высоких энергий, что называется, «под фонарем». Мы же решили проверить нестандартную идею, не особо рассчитывая на успех. Но нам повезло! Многолетние совместные наблюдения на международных решетках радиотелескопов и замечательном российском РАТАНе позволили получить этот интереснейший результат. Именно радиодиапазон оказался ключевым для обнаружения источников нейтрино», – говорит **Юрий Ковалев** (ФИАН и МФТИ).

«Поначалу результат мне показался «слишком хорошим», но проведя детальный анализ данных и многочисленные проверки, мы подтвердили явную связь нейтринных событий с радиоионизацией, которую затем проверили по многолетним измерениям вспышек излучения на радиотелескопе РАТАН-600 Специальной астрофизической обсерватории. Вероятность того, что этот результат случайный, составляет всего 0,2 процента. Это большой успех в нейтринной астрофизике, и теперь наше открытие требует теоретического объяснения», – заключает **Сергей Троицкий** (ИЯИ РАН).

Ученые собираются проверить свой результат и разобраться с механизмом рождения нейтрино в квазарах с помощью данных телескопа Baikal-GVD, который в настоящее время достраивается на Байкале и уже начал набор данных. Как в IceCube, так и в Baikal-GVD используются водные «черенковские» детекторы: большой объем воды (льда) позволяет увеличить число детектируемых нейтрино и одновременно защититься от случайных срабатываний детектора. Понятно, что без продолжающего свои наблюдения далеких галактик РАТАН-600 близ известного многим Архыза тоже никак не обойтись.

**АКЦ ФИАН
и пресс-служба МФТИ**

* * *

Где рождаются нейтрино? – «В ядрах активных галактик», – так ответила на давно беспокоивший астрофизиков вопрос группа российских ученых из Астрофизического центра ФИАН (АКЦ ФИАН), Московского физико-технического института (МФТИ) и Института ядерных исследований (ИЯИ РАН). Александр Плавин, Юрий Ковалев-мл., Юрий Ковалев-ст. и Сергей Троицкий рассказали ТрВ-Наука о сделанном ими открытии.

Нейтрино – трудноуловимые частицы, настолько легкие, что даже их массу до сих пор не удалось измерить. Они легко проходят через нас, через Землю и через любые другие препятствия. Однако чувствительные детекторы могут улавливать нейтрино, которые прилетают к нам из далекого космоса.

(Окончание на 4–5-й стр.)



Оптический модуль, установленный на нейтринном телескопе Baikal-GVD. Фото ИЯИ РАН.

(Окончание. Начало на 3-й стр.)

Уже полвека регистрируются такие частицы, рожденные внутри Солнца. Оказалось, через каждого из нас их пролетает миллиарды в секунду. Намного более редкие, но и более энергичные, нейтрино достигают нас от сверхновых звезд – большая часть энергии от взрыва звезд уносится именно нейтрино.

Самые энергичные нейтрино наблюдаются такими современными нейтринными телескопами, как IceCube на Южном полюсе и детектор на Байкале (Baikal-GVD, основные научные организации – ОИЯИ и ИЯИ). Регулярно обнаруживаются частицы, несущие энергию в несколько петаэлектронвольт (1 ПэВ – единица с пятнадцатью нулями электронвольт). Откуда они приходят, до недавнего времени было неизвестно, и многочисленные поиски источников среди ярких объектов на небе или среди мощных вспышек не давали убедительного результата.



Ледяные торосы на озере Байкал, образовавшиеся из-за сильного ветра, сломавшего ледяной покров водоёма. За все 40 лет байкальских экспедиций исследователи столкнулись с таким явлением впервые.
Фото Б. Шайбонова (ОИЯИ).

Как работают нейтринные телескопы? Они используют планету Земля для фильтрации проходящих частиц. Нейтрино, испытывающие только слабое и гравитационное взаимодействие, легко проходят через Землю. Обнаружить их удается во льду на Южном полюсе или в воде озера Байкал. В результате такого взаимодействия рождаются мюоны, они пролетают через лед и воду со скоростью выше, чем скорость света в данной среде. В итоге появляется так называемое излучение Вавилова–Черенкова в видимом свете. И вот эти всполохи света регистрируют фотодетекторы, позволяющие получить для анализа энер-

гию и направление прихода нейтрино, а также момент регистрации этих частиц. Понятно, что эти данные измеряются с какой-то ошибкой. И как всегда в астрономии, точность определения положения на небе (или направления прихода – в случае нейтрино) критически важна. Далее мы еще вернемся к этому вопросу.

Итак, мы сфокусировались на нейтрино, имеющих самую большую энергию, и смогли найти, где они рождаются. Почему это важно и интересно? Дело в том, что нейтрино сверхвысоких энергий (вплоть до энергии хоккейной шайбы, летящей со скоростью 100 км/ч), скорее всего, рождаются в результате взаимодействия релятивистских протонов друг с другом или с излучением. А протон ускорить почти до скорости света очень сложно, ведь это массивная частица. То есть нейтрино высоких энергий – ключик к космическим суперколлайдерам!

Оказалось, что многие нейтрино высоких энергий (мы анализировали энергии больше 0,2 ПэВ) рождаются в самых центрах квазаров, вблизи сверхмассивных черных дыр и релятивистских выбросов вещества из них. Значит, там имеются подходящие условия и энергии для образования таких нейтрино: есть протоны, ускоренные почти до скорости света.

Основная трудность в установлении источников нейтрино – слабое угловое разрешение современных детекторов по сравнению с привычными астрономическими телескопами – типичная погрешность измерения направлений на небе и

у IceCube, и у Байкальского телескопа больше градуса. В участки такого размера попадает сразу много далеких космических объектов, и достоверно понять, какой из них ответственен за нейтрино, сложно.

Теоретические предсказания того, что активные галактики являются источниками нейтрино, делались уже давно. Предполагалось, что нейтрино рождаются в их ядрах или на фронтах ударных волн в плазменных облаках на расстоянии килопарсеков от центра. Однако экспериментально это никак не удавалось подтвердить.

В центрах активных галактик «сидят» массивные черные дыры и ускоряют падающие на них легкие частицы почти до скорости света. Последние выбрасываются в виде наблюдаемых астрономами джетов. Причем, если джет смотрит прямо на наблюдателя, астрономы называют такую галактику квазаром или блазаром. Но могут ли джеты так же ускорить массивные протоны? Напомним читателям, что протон почти в 2 тысячи раз массивнее электрона.

Дело в том, что вместе с нейтрино должны рождаться и фотоны высоких энергий. Соответственно, ученые вели поиск «под фонарем», сравнивая направления прихода нейтрино и фотонов гамма-излучения от квазаров при помощи замечательного космического телескопа Fermi LAT. И тем не менее при массовых попытках по всему небу отождествить приход нейтрино с приходом гамма-фотонов положительный результат получить не удалось. Был найден только один квазар со звучным названием 0506+056. У него обнаружили гамма-всплеск одновременно с приходом нейтрино. Этому уникальному событию Национальный научный фонд США посвятил большую пресс-конференцию в 2018 году. Но у многих коллег оставались сомнения. Аргумент прост: если ждать 10 лет, как минимум один раз может и «повезти».

Мы подошли к этому вопросу с другой стороны: объединили данные сразу по всем нейтрино высоких энергий, которые увидел IceCube, и сравнили их с массовыми и регулярными наблюдениями в радиодиапазоне. Кажется безумием – при чем тут радио с мизерными энергиями его фотонов по сравнению с гигантскими энергиями нейтрино или гамма-квантов? Да и мы сначала не особенно рассчитывали на успех. И все-

таки: в радиодиапазоне излучают горячие джеты плазмы, разогнанной до скорости света. Вдруг они помогут? И помогли!

Именно такой подход позволил обнаружить следующую закономерность: оказалось, что самые яркие квазары «предпочитают» находиться на небе вблизи областей, откуда пришли некоторые нейтрино. Их яркость измерена с помощью международных сетей радиотелескопов – так называемых радиоинтерферометров. Они отфильтровывают всё протяженное излучение и видят только наиболее компактное излучение джетов вблизи центральной черной дыры. Получается, что быстрые протоны не успевают далеко уйти от черной дыры и частично теряют свою энергию, создавая при этом нейтрино в каскаде рождений и распадов других нестабильных элементарных частиц (пионов и мюонов).

В результате систематическая ошибка была оценена примерно в половину градуса. Мы ждали, что группа IceCube с высоты своего понимания особенностей телескопа выступит с суровой критикой этой оценки. Каково же было наше удивление, когда по результатам научного семинара в группе IceCube мы услышали: «Коллеги, возможно, это наилучший способ оценки наших систематических ошибок».

Дальше – больше. Кажется логичным предположить, что протоны «легче» ускорить во время всплеска, наблюдаемых от квазаров. Для проверки этого предположения мы использовали результаты многолетних наблюдений большой выборки квазаров на российском радиотелескопе РАТАН-600 Специальной астрофизической обсерватории РАН на Северном Кавказе. И действительно, оказалось, что нейтрино предпочитают приходить в те мо-

ло бы без красивого и простого эффекта релятивистской абберации. В результате этого эффекта квазары выглядят ярче, когда их джеты направлены почти точно на наблюдателя. Таким образом радиоастрономия «автоматически отобрала» те активные галактики на небе, чьи джеты смотрят в нашу сторону. А раз вещество излучающих струй разогнано в направлении на нас, то и нейтрино, рожденное релятивистским протоном, летит в нашу сторону.

Внимательный читатель спросит: а как же сопутствующее гамма-излучение, на поиск которого ориентировались другие исследователи? Радионаблюдения указывают на область рождения нейтрино столь близкую к самому центру галактики, что плотность фотонов там может не позволять этому гамма-излучению ее покинуть: фотоны рассеиваются на фотонах. Скорее всего, происхождение наблюдаемого от квазаров гамма-излучения и их нейтрино связаны друг с другом не напрямую.

На этом работа не прекращается – скорее положено начало применению нейтринной астрономии высоких энергий к изучению космических суперускорителей, квазаров. В ближайшие годы ожидается бурное развитие нейтринных телескопов: в частности, на Байкале достраивается установка нового поколения, которая увеличит чувствительность и точность измерения направлений прихода нейтрино. Новый импульс получают наблюдения квазаров как на РАТАН-600, так и на международных радиоинтерферометрах.

Что нас ждет? Первый результат был получен со значимостью 3 σ или вероятностью случайного совпадения 0,2 процента. И как наши, так и независимые оценки коллег уже подтвердили этот результат с большей значимостью (что позволит нам выиграть бутылку коньяка в недавнем споре). В ходе дальнейшей работы мы надеемся разобратся, получают ли наблюдаемые нейтрино при взаимодействии релятивистского протона и фотона или двух релятивистских протонов? Являются ли релятивистские джеты у квазаров электронными или протонными? Где рождаются нейтрино: совсем рядом с черной дырой или чуть дальше – в начале джета? И как же все-таки ускоряются протоны до таких огромных энергий?

Газета «Троицкий вариант»,
19.05, 2020

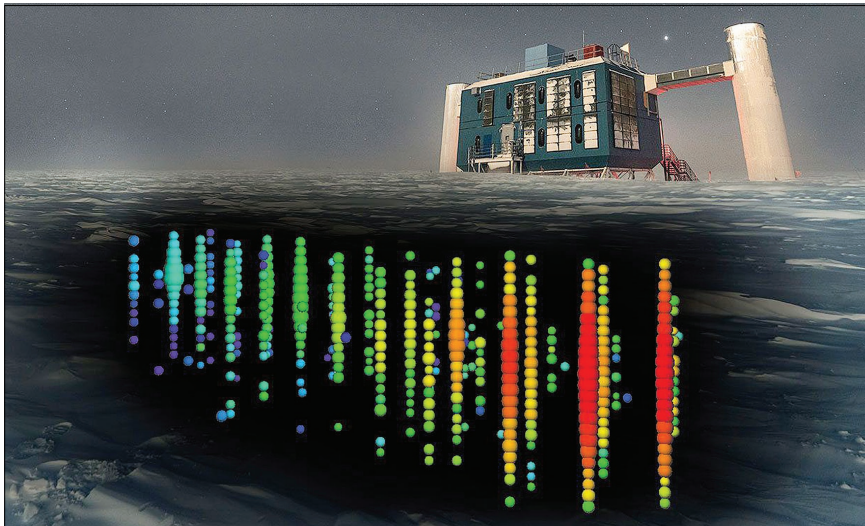


Фото и иллюстрация нейтринного телескопа IceCube.
IceCube Collaboration/NSF

Но не все так просто. Многие «подозрительно яркие» квазары лежали вблизи от места прихода нейтрино, но недостаточно близко, чтобы объяснить различия в их положениях опубликованными случайными ошибками IceCube. Как так? А дело в том, что лед, в котором взаимодействуют нейтрино в IceCube, неоднороден. И в результате, в дополнение к известным случайным ошибкам, имеются систематические ошибки определения направлений прихода нейтрино. Оценить их крайне сложно. Этой информации в научной литературе очень мало. Мы решили оценить такие ошибки из сравнения направлений прихода нейтрино и направлений на ядра квазаров по их самым точным на сегодня радиокординатам.

менты, когда в квазарах наблюдается всплеск радиоизлучения. Такое поведение можно объяснить только тем, что нейтрино образуются в центрах квазаров.

Почему именно радиодиапазон оказался ключевым для обнаружения источников нейтрино в далеком космосе? Здесь свою роль сыграли сразу несколько факторов: и предельно высокая точность определения координат компактных ядер активных галактик с помощью радиоинтерферометров – лучшая во всей астрономии, и отличное покрытие всего неба измерениями с помощью международных сетей радиотелескопов, и регулярные массовые многолетние и многочастотные наблюдения на уникальном РАТАН-600. Но все это не сработа-

Мой американский друг

глава из рукописи Е. П. Шабалина

«Чудесны были эти годы»¹



Август 1990 года. Боинг-747 несет меня через Ирландию и Атлантику на американский континент. Океан я пересекаю впервые за свои 54 года жизни. Дубненский «Колумб» планировал открыть Америку на 20 лет раньше – в 1969 году, для участия в работе международного симпозиума по импульсным реакторам в Альбукерке (около знаменитого Лос-Аламоса). По логике вещей моя поездка туда представлялась очень реальной и, нечего скрывать, – желаемой. К тому времени, думаю, я уже зарекомендовал себя ведущим физиком нашей команды в вопросе импульсных источников: обосновал принцип работы и концепции ИБР-2, оптимальный режим бустера (симбиоз микротрона и ИБР), предложил защиту реактора по побочным импульсам, разработал уточненный метод расчета кинетики импульса – так называемую «эффективную модель кинетики реактора», обнаружил неточность в теории Бондаренко – Стависского, уже завершал написание кандидатской диссертации и был в двух заграничных командировках в соцстранах (Чехословакия и Венгрия) с докладами.

Разнарядка в США была на трех человек, и потенциальными участниками делегации объективно могли стать Д. И. Блохинцев, И. М. Франк и, вероятно, я. Но спецкомиссии, отправляющие ученых за рубеж, руководствовались в те времена критериями, далекими от принципа целесообразности участия ученого в работе конференции или семинара. И полетели через океан вместе с Д. И. на двух крыльях Ил-62 два замдиректора ЛНФ – оба не физики-реакторщики. Естественно, они мало что могли рассказать о симпозиуме. Хорошо еще, что мне удалось ознакомиться со сборником трудов этого симпозиума, и это помогло наладить контакт и сотрудничество с американскими коллегами в дальнейшем. Почему с американскими? Да потому что наш родной Арзамас был от нас дальше, чем Луна, на которой американец Армстронг уже оставил тогда свои следы...

Итак, август 1990 года. С посадками и пересадками в Ирландии и в Нью-Йорке я прибываю в Чикаго, к Джону М. Карпентеру – эксперту мирового масштаба в об-

ласти нейтронной физики и источников нейтронов, единственному тогда в мире человеку, работающему с холодным замедлителем нейтронов на твердом метане. Не ожидал я тогда, что лечу на первую встречу с человеком, который станет одним из моих лучших друзей во второй половине жизни (позднее Карпентер напомнил, что со мной-то он знаком еще с 1973 года, когда с американской делегацией посетил ОИЯИ и слушал мою лекцию на крыше строящегося ИБР-2). В день моего прибытия в Аргоннскую национальную лабораторию (около Чикаго) Карпентер отсутствовал, и «пасти» меня поручили русскому сотруднику, уже сравнительно давно иммигрировавшему в Америку. Этот сотрудник вел себя странно – он избегал разговоров о своей работе и о том, как он с семьей оказался в США. И еще – как-то уж слишком изучающе наблюдал за мной. В итоге я сделал для себя вывод: либо он советский агент и думает, что меня послал КГБ для проверки его благонадежности, либо наоборот – он агент ФСБ и хочет понять, что на самом деле нужно этому русскому в Аргоннской лаборатории. Рассказываю об этом только с тем, чтобы показать, каковы были настроения русских, отправляемых за рубеж до 1991 года.

Карпентер произвел на меня самое приятное впечатление сразу же при первом общении. Высокий, в меру худощавый, с приятным открытым лицом, внимательный к собеседнику – при разговоре с низкорослым человеком он старался казаться пониже. И в дальнейшем Джек (все приятели и родственники звали его только так, воздавая должное приветливому и доброму другу) всегда оставался со мной таким же доброжелательным и откровенным. Даже в первые дни знакомства он рассказал мне о проблеме своей личной жизни – надолго затянувшимся процессе развода с первой женой. Через три года он познакомил меня со своей второй женой Рондой.

Теперь о стимуле, направившем меня тогда в Чикаго. В то время я жутко устал от забот по безопасности ИБР-2, которые обострились после Чернобыльской катастрофы 1986 года (она случилась ров-

но через 27 лет после моего первого приезда в Дубну 27 апреля 1959 года). Сколько было затрачено умственных сил, нервов, сколько было подготовлено статей, писем и выступлений. Достаточно сказать, что я ездил в Воронеж на съезд, где столкнулись лбами противники строительства Нововоронежской АЭС и конструкторы АЭС из Нижнего Новгорода, организовал статью в «Правду» за подписью наших дубненских академиков и большую статью в столичный журнал «Юность» с осуждением сложившейся тогда практики подхода к атомному реактору как к котлу паровоза. Статья восхитила редактора и он тут же представил меня Андрею Дементьеву, поэту и главному редактору журнала. Заголовок статьи был «Кто играет на скрипке?» с эпиграфом из учебника английского языка: «Вы играете на скрипке? – Нет, но зато я играю на барабане!»

В государственную комиссию, которая расследовала причину Чернобыльской катастрофы, я представил свою версию основного взрыва реактора (ее посчитали неприемлемой). За два года страсти улеглись, и настало время думать над проектом надежных и эффективных «холодных замедлителей» нейтронов для реактора ИБР-2. До второй половины 80-х этим занимался Владимир Максимович Назаров, один из отважной «шестерки», вышедшей на старт ИБР-2 в 1966 году. Будучи начальником дозиметрической службы и не имея высшего ядерно-физического образования, Володя не только носил знаменитую бородку, но и имел умную творческую голову и золотые руки. Да к тому еще был трудоголиком. В общем, Леонардо да Винчи местного масштаба. По собственной инициативе он брался за самые трудные участки подготовки ИБР-2: оснащение пучков, приборов для контроля реактора, организовал серийное производство зеркальных нейтронных труб, снабдив ими все нейтронные пучки, создал крайне необходимый напылитель тонких слоев металла на крупные изделия, разрабатывал приборы для применения ядерных методов в народном

хозяйстве. За метод оперативного полевого измерения содержания азота в злаках он был награжден золотой медалью ВДНХ. Володя ушел, к сожалению, слишком рано, в 1995 году, оставив после себя эффективный замедлитель нейтронов в виде «гребенки» – замедлитель Назарова, который используется до сих пор не только на ИБР-2, но и на некоторых пучках импульсных источников за рубежом.

Горячее время подготовки и пуска ИБР-2 подходило к концу, и Володя Назаров, увлеченный новыми идеями, перестал интересоваться потоками тепловых и холодных нейтронов. Я, будучи из той же категории сумасшедших (или неугомонных, если деликатнее), подхватил инициативу Назарова и возглавил работу по метановой проблеме. Метан – это лучший замедлитель нейтронов, просто недостижимый рекордсмен по генерации «холодных» нейтронов, то есть нейтронов с температурой в области 10–25 по Кельвину, или -263 – -248 °С. Мы тогда поставили около реактора ИБР-2 замедлитель из твердого метана, который показал очень хорошие нейтронные характеристики, но вскоре камера замедлителя неожиданно разгерметизировалась, и после ее демонтажа обнаружился разорванный шов. В принципе было ясно, что разрыв произошел вследствие нагрева метана и выхода водорода, но почему быстро повысилась температура? Была у меня мысль, что произошло это из-за чрезмерного накопления радикальных молекул. Надо было иметь больше сведений о тепловых взрывах твердого метана.

Из периодической иностранной литературы я узнал про некоего Д. М. Карпентера, который использует твердый метан как замедлитель на своем источнике нейтронов в Чикаго, Аргоннская лаборатория. Мне хотелось узнать из первых рук об опыте работы с метаном как замедлителем. Карпентер быстро ответил на мое письмо и прислал приглашение. Обсуждая опыты с Джеком, я обратил его внимание на то, что небольшие всплески температуры метана у них происходили ровно один раз в сутки. Джек считал, что это связано с некими периодическими работами на ускорителе (его замедлители «питались» быстрыми нейтронами от мишени протонного ускорителя). Я же выразил предположение, что это спонтанные тепловые взрывы. Доказательством послужили найденные случаи таких температурных всплесков при нормально работающем ускорителе и

отсутствие всплесков – при работе на повышенной температуре. У нас на ИБР-2 тепловая нагрузка на метан была примерно в пять раз выше, но и температура выше.

Составили условия работы дубненского и чикагского замедлителей и четко увидели закономерности этих пресловутых взрывов. Так как при таком явлении всегда из образца «выплывається» газообразный водород, Джек предложил назвать открытое нами явление «*burst*», по-русски: отрывка. В России мы так и стали называть тепловые взрывы замороженных водородосодержащих веществ на английский манер, но во множественном числе – «*бёрст*». Звучит, согласитесь, эффектнее. Возникновение радикалов, то есть молекул с неспаренным электроном, при облучении сложных молекул (нейтронами или жесткими гамма-квантами) изучалось давно; давно наблюдали также быстрые экзотермические реакции рекомбинации радикалов при нагревании после облучения. Но о возможности спонтанной реакции рекомбинации как-то никто не задумывался. Таким образом, дважды перелетев Атлантический океан, я приобрел нечто гораздо более важное, чем понимание тепловых взрывов в метане, – я получил друга, далекого, но надежного, не говорящего по-русски, но понимающего меня даже без слов, когда я что-то лепетал не то и извинялся. Джек тогда говорил: «Извиняться должен я – я ведь совсем не знаю русского языка!»

Дальнейшее изучение проблемы заняло более десяти лет. Основная работа велась в ЛНФ на базе ИБР-2 на установках УРАМ-1, УРАМ-2 и УРАМ-3 (последняя была на микротроне ЛЯР) и с материальной поддержкой заинтересованных исследовательских центров США, Германии и Англии. Карпентер также проводил исследования по этой проблеме. Наше сотрудничество и дружба продолжались 30 лет. Мы встречались по 7-8 раз в США и в Дубне, кроме того, на совещаниях в Англии, Японии, Германии, Швейцарии, практически ежегодно в 90-х годах и несколько реже – в нулевых. Почти всегда он был со своей второй женой Рондой, неразлучной спутницей до его неожиданной кончины 10 марта 2020 года. Никогда в жизни я не встречал пары, более нежной и внимательной друг к другу.

Последний раз Карпентеры гостили в Дубне в октябре 2018-го, с целью участия в рабочем совещании по новому источнику ней-

тронов в ЛНФ НЕПТУН – Джек был членом международной группы экспертов по этому проекту. В тот раз два дня они провели в районе Верхней Троицы – родины русского революционера, советского государственного и партийного деятеля, «Всесоюзного старосты» М. И. Калинина, посетили музей его памя-



Верхняя Троица. У дома-музея М. И. Калинина: чета Карпентеров (слева), смотрительница музея и В. Л. Аксенов.

ти и коттедж Калинина на территории дома отдыха «Тетьково». Гостям и сопровождавшему их Виктору Лазаревичу Аксенову понравилось мое предложение провести одно из следующих совещаний в этом чудесном русском захолустье. Может быть, и проведем и пригласим обаятельную, трогательную Ронду.

Много ярких эпизодов общения с Джеком и Рондой Карпентерами хранит моя память. Вот некоторые из них.

Праздничный день октября 1998 года. В этот день в Дубне Карпентеру и Ю. Я. Стависскому вручили золотые медали имени Ильи Франка. И тот, и другой были удостоены этой награды за их значительную роль в создании пионерских интенсивных импульсных источников нейтронов: Карпентер в 1971 году первым в мире использовал мишень протонного ускорителя как импуль-

(Окончание на 8-й стр.)



Вручение золотой медали И. М. Франка Д. М. Карпентеру и Ю. Я. Стависскому.

(Окончание. Начало на 6–7-й стр.)

сний источник нейтронов для спектроскопии выведенных нейтронных пучков, а Стависский создал теорию импульсного реактора периодического действия, возглавлял группу разработки первого ИБРа и руководил пуском реактора. Между прочим, Лаборатория нейтронной физики ОИЯИ наградила золотой медалью Франка в 1993 году еще одного американского ученого Клифффорда Шалла – за первые в мире исследования кристаллических структур методом дифракции нейтронов, причем примечательно то, что это было сделано на год раньше, чем Шаллу присудили Нобелевскую премию. Виктор Аксенов, тогда директор ЛНФ, по праву гордится этой прозорливостью, умением вовремя оценить достоинства ученого.

В этот приезд Карпендерам организовали прогулку по Волге на яхте. Чтобы не привыкшие к холоду американцы не замерзли, была припасена бутылка водки «Завалинка». Веселая картинка русского деревенского досуга на этикетке произвела впечатление на Ронду и Джека. И с тех пор в каждую свою встречу со мной Джек получал такую же бутылку (к сожалению, частота встреч резко сократилась, а «Завалинка» исчезла с прилавков).

Джек привел меня в подвал своего дома в пригороде Чикаго. Там было всего вдоволь, как в любом подвале в любой стране. Но увидеть полки с сотнями бутылок пива «Карпендер»? Джек несколько секунд наслаждался моим удивлением и изумлением и изрек: «Это действительно пиво нашего семейного рецепта». Вот так...



На даче Карпендера.

И когда позднее на его даче (которая, кстати, находится в 1000 км от Чикаго) в наследственном поместье, Джек показал несколько 20- или 30-литровых алюминиевых бочек с кленовым сиропом, который ежегодно он заготавливает вместе с сыновьями, я уже был готов к такой новости. До той поры никогда не думал, что столь загружен-

ный идеями ученый может одновременно проворачивать такие сугубо житейские дела. Наверное, дух колонистов Америки 18–19-го веков еще жив. Кстати, предки Джека – из Швеции.

Будучи в доме у Карпендеров, я попробовал играть на пианино и к удивлению обнаружил совершенно божественный звук – чистый, нежный, мягкий. Клавиши мгновенно откликались на прикосновение, будто помогая музыканту. Оказалось, что инструмент привезен Джеком из Японии. Услышав звучание этого пианино, он не мог удержаться от того, чтобы не приобрести и привезти его домой в США – разве это не подвиг? Разве это не свидетельствует о его способности доводить до конца самое трудное дело? Не объясняет ли это ту гору, лавину всего того, что Джек сотворил?



Карпендер с друзьями-коллегами из России, Венгрии, Японии и Англии.

Глубокое внимание и уважение к собеседнику роднило Джека с японцами. Недаром он любил бывать в этой стране и подолгу работал там. Часто при встрече приветствовал визави на японский манер. С одним из его японских коллег и друзей Мотохара Кимурой я познакомился в 1976 году на японо-американском симпозиуме по импульсным реакторам. Ввиду того, что наш ИБР был тогда (и остается до сих пор) единственным в мире импульсным реактором на быстрых нейтронах, были приглашены также Д. И. Блохинцев и я. Кимура был единственным из японцев, который открыто выражал неприязнь к СССР, чем вызывал во мне досаду. Но много позднее, получив от Джека в подарок автобиографическую книгу, написанную Кимурой с помощью Джека, я узнал об их совместной работе над первым в мире источником нейтронов в Аргоннской лаборатории в 70-х годах и понял натуру Кимуры – неравнодушного человека, озлобленного несправедливостью современного мира, ученого, который самоотвер-

женно работал в разрушенной атомной бомбой Хиросиме и затем выступал против атомного вооружения. С другим иностранным ученым и другом Карпендер написал великолепную монографию по физике нейтронных экспериментов, которая стала учебником для молодых физиков ЛНФ.

Дубна, лето 1994 года, второе международное совещание по импульсным реакторам PANS-II в профилактории Ратмино. На нашем самодеятельном спектакле «Наврот» Карпендер, не зная русского языка, от души смеялся. В ответ на мое удивление по поводу его активной реакции на реплики актеров, Джек ответил: «Я уже достаточно хорошо знаю тебя и ваш ИБР, чтобы без слов понимать ваши проблемы».

Воспоминания о Джеке Карпендере, к глубокому моему огорчению и сожалению, приходится завершить на трагической ноте: 10 марта 2020 года моего американского друга не стало. Коварная опухоль мозга глиобластома свела его в могилу буквально через 13 дней с момента первого серьезного симптома во время отдыха во Флориде.

В последние дни болезни десятки друзей и знакомых с надеждой следили за состоянием Джека, многие – по специально открытой странице в Интернете. Он был безусловно ведущим в когорте мировых ученых – экспертов в области нейтронной физики, которые 23 раза в течение 45 лет собирались на совещания коллаборации по современным источникам нейтронов. Именно Д. М. Карпендер был начинателем этой коллаборации в 1975 году и всегда человеком номер один всюду, где вершилась серьезная нейтронная физика. Теперь уже скоро состоится ICANS XXIV, на котором не раз будет произнесено имя Джона (Джека) Карпендера, основателя этой конференции, давшего научному миру нейтронной физики десятки плодотворных идей и научившему молодых людей высоким моральным принципам ученого.

После трагического ухода Джека можно было воочию убедиться, как много друзей оплакивали его смерть. И это не те «дружья», которых тысячи на фейсбуках и в инстаграммах.

Говорят, незаменимых людей нет. Может быть, это так. Но есть неповторимые и незабываемые. Джек Карпендер был таким.

¹ Публикуется в сокращении.