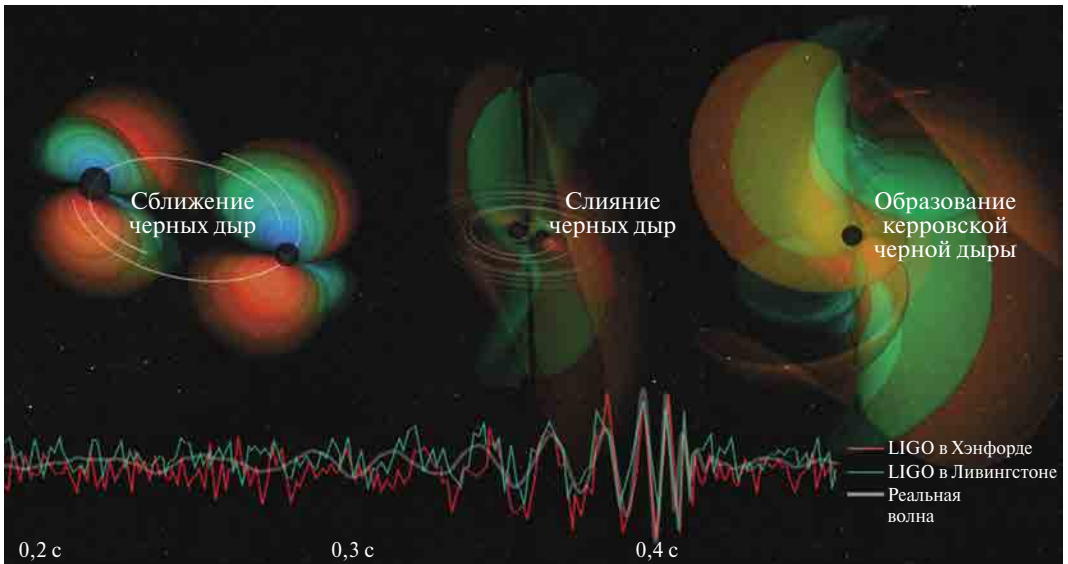


Триумф мировой науки

Долгая, трудная, дорогостоящая и поистине детективная история в экспериментальной физике, длившаяся более 50 лет, завершилась триумфальным достижением всего современного естествознания и мировой науки – были созданы уникальные установки, которые 14 сентября 2015 г. впервые смогли зарегистрировать предсказанные

А. Эйнштейном еще в 1916 г. загадочные и неувловимые гравитационные волны. Этот сигнал пришел к нам от мощного взрыва – слияния двух черных дыр, произошедшего более миллиарда лет назад. После тщательной обработки, проверки и анализа данных от этого события, получившего обозначение GW150914, 11 февраля

2016 г. мир облетело сенсационное сообщение – гравитационные волны, наконец, зарегистрированы, и измерены их основные характеристики. По мнению ученых, это – одно из самых выдающихся достижений мировой науки. После события GW150914, в период до августа 2017 г., обнаружены сигналы еще от четырех похожих



Этапы слиянии двух очень компактных объектов массами $29 \pm 4 M_{\odot}$ и $36 \pm 4 M_{\odot}$, образовавших керровскую черную дыру массой около $62 M_{\odot}$, находящуюся в 1,3 млрд св. лет от нас. Это событие – GW150914 – произошло 14 сентября 2015 г. и создало гравитационные волны, которые были впервые зарегистрированы (см. на рисунке внизу) двумя наземными лазерными интерферометрами LIGO (США). Рисунок LIGO.



Пресс-конференция в ИКИ РАН: А.А. Лутовинов, В.И. Пустовойт, С.П. Вятчанин и В.П. Митрофанов. 16 октября 2017 г.

событий, случившихся в дальних уголках Вселенной сотни миллионов лет назад. В октябре 2017 г. за открытие гравитационных волн на установке LIGO была присуждена Нобелевская премия по физике Р. Вайссу, К. Торну и Б. Бэришу (США).

Тысячи ученых из 16-ти стран и 80-ти институтов принимали участие в этом проекте. И здесь очень важно отметить огромный вклад российских ученых, которые не только участвовали (и продолжают активно участвовать) в создании самой установки и ее модернизации, но фактически и являются

основоположниками наиболее эффективного метода регистрации гравитационных волн. Более полувека назад (в 1962 г.) молодые советские физики М.Е. Герценштейн и В.И. Пустовойт выдвинули и блестяще обосновали идею: использовать для регистрации гравитационных волн классическую схему интерферометра Майкельсона, включив в нее в качестве источника электромагнитного излучения только что тогда созданный квантовый генератор, впоследствии получивший в науке название лазер. Именно эта схема была использована при создании интер-

ферометра LIGO. Президент РАН академик А.М. Сергеев заявил, что “Владислав Иванович Пустовойт, наш знаменитый академик, ныне здравствующий, безусловно заслуживает того, чтобы быть в числе Нобелевских лауреатов по детектированию гравитационных волн”. “Группа из МГУ под руководством В.Б. Брагинского и ученые из Калифорнийского технологического института вместе создали революционную технологию”, – констатирует Нобелевский лауреат Кип Торн, считающий себя также учеником выдающегося советского

физика и астрофизика Я.Б. Зельдовича.

С конца августа 2017 г. в международном сообществе астрофизиков и астрономов, а также в средствах массовой информации стали циркулировать слухи о том, что в обсерваториях LIGO (США) и Virgo (Италия) 17 августа 2017 г. было зарегистрировано новое гравитационно-волновое событие. Его отличительной особенностью стало то, что космические обсерватории “Интеграл” и “Ферми” синхронно с гравитационным сигналом зафиксировали гамма-всплеск. С помощью наземных телескопов ученые вскоре обнаружили соответствующий сигнал в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном диапазонах, а в заключительной стадии – в рентгеновском и радиодиапазонах. Назревала сенсация, поэтому было решено провести 16 октября 2017 г. пресс-конференции одновременно в разных городах мира и объявить о новом открытии в гравитационно-волновой астрономии, а также опубликовать подготовленные за эти полтора–два месяца многочисленные статьи. В Москве состоялись даже две пресс-конференции, сопровождавшиеся докладами на научных семинарах.

В ГАИШ МГУ, в рамках общемосковского семинара астрофизиков им.

Я.Б. Зельдовича (ОСА), прошла пресс-конференция российских представителей команды LIGO и сети телескопов-роботов “МАСТЕР” МГУ. Доклады сделали профессора МГУ Ф.Я. Халили, В.М. Липунов, научный сотрудник Физико-технического института РАН им. А.Ф. Иоффе Д. Свинкин и другие.

Этой же теме были посвящены научная сессия “Интеграл: на пороге новой астрофизики” и большая пресс-конференция, которые состоялись в ИКИ РАН. В ней приняли участие руководитель одной из двух российских групп, участвующих в проекте LIGO: профессора МГУ В.П. Митрофанов и С.В. Вятчанин, академик В.И. Пустовойт, а также сотрудники ИКИ РАН – доктор физико-математических наук профессор РАН А.А. Лутвинов, представляющий российских ученых в проекте “Интеграл”, непосредственно принимавший участие в обработке данных обсерватории, и научный сотрудник института А.А. Вольнова из группы быстропеременных источников, наблюдавших за событием в оптическом диапазоне.

Сессию открыл директор ИКИ РАН академик Л.М. Зеленый. Он отметил, что 17 октября 2017 г. исполняется 15 лет со дня запуска уникальной международной орби-



Академик В.И. Пустовойт на пресс-конференции в ИКИ РАН. 16 октября 2017 г.

тальной обсерватории “Интеграл” (ESA), предназначенной для исследований наиболее энергетических процессов во Вселенной (в том числе регистрации слияний нейтронных звезд, а также других возможных экзотических объектов в жестком рентгеновском и гамма-диапазонах. Обсерватория была запущена на орбиту 17 октября 2002 г. с помощью



Выступает академик Л.М. Зелёный.



Докладывает доктор физико-математических наук профессор РАН А.А. Лутовин

российской ракеты-носителя “Протон” с космодрома Байконур (Земля и Вселенная, 2003, № 2). За этот вклад в проект российские ученые получили право на 25% всех данных обсерватории. Кроме того, благодаря специальной схеме запуска спутника, предложенной сотрудником ИКИ РАН, ведущим специалистом по небесной механике и расчету траекторий движения космических аппаратов Н.А. Эйсмонт и филигранной точности его выведения, удалось сохранить значительное количество топлива. Это позволило обсерватории успешно работать на орбите более 15 лет, передавая важнейшую информацию о космических событиях и источниках излучения в рентгеновском и гамма-диапазонах (в том числе и о гамма-всплесках, возникающих в момен-

ты слияния различных объектов).

Роль России в успехе проекта “Интеграл”, а также важность сотрудничества между российскими и европейскими учеными, инженерами и конструкторами была отмечена в сообщении директора представительства ESA в России доктора Рене Пишеля. Проект “Интеграл” стал отправной точкой в научном сотрудничестве Европейского и Российского космических агентств, пример и наработка которого впоследствии были использованы при реализации других совместных проектов, в том числе и проекта “ЭкзоМарс”.

Заведующий лабораторией Отдела астрофизики высоких энергий ИКИ РАН А.А. Лутовин представил обзорный доклад, в котором рассказал о результатах, полученных учеными, использовавшими данные обсерватории “Интеграл”. В докладе было отмечено, что для этой обсерватории впервые в России был реализован принцип национальной обсерватории, заключающийся в том, что любой российский ученый может получить на конкурентной научной основе доступ к получаемым с помощью обсерватории данным и возможность работы с ними. Для реализации этой задачи в ИКИ РАН был создан Российский Центр

Научных Данных (РЦНД). Ученый уделил внимание подробностям первой регистрации слияния нейтронных звезд в гамма-диапазоне с помощью космических обсерваторий “Интеграл” и “Ферми” (как было отмечено выше, они зарегистрировали всплески излучения синхронно с сигналами, полученными обсерваториями LIGO и Virgo) и их последующей интерпретации. Одной из важнейших характеристик события W 170817 стала регистрация гамма-излучения и гравитационной волны с запаздыванием в $\sim 1,7$ с между ними. Это позволило сделать заключение о том, что скорость распространения гравитационных волн с высочайшей точностью соответствует скорости света (как это предсказывалось Общей теорией относительности). Еще одним следствием, ставшим результатом совместного анализа данных, полученных гравитационными и гамма-обсерваториями, явилось уточнение принципа эквивалентности (в данном случае, влияния гравитации на распространение электромагнитных и гравитационных волн) почти на два порядка.

Ключевым моментом в исследовании стало то, что команды LIGO/Virgo опубликовали не только данные о гравитационно-волновом событии, предположительно связан-

ном со слиянием двух нейтронных звезд, но и указали приблизительное расстояние до этого события – около 40 Мпк. Таким образом, открытие оптического послесвечения было лишь делом времени. Первым его зафиксировали с помощью телескопа “Swope” (Чили): был обнаружен новый объект на окраине эллиптической галактики NGC 4993 в созвездии Гидра. После сообщения о регистрации нового источника излучения подтверждения и характеристики его излучения посыпались как из рога изобилия (отметим заслугу системы роботов-телескопов “Мастер” – она одна из первых “увидела” этот источник). Вскоре на новый объект были наведены большие наземные телескопы VLT, SALT, “Magellan” и космическая обсерватория им. Хаббла, которые стали исследовать спектр объекта; стало ясно, что он очень необычен и чрезвычайно быстро меняется. Последнее указывало на то, что новый объект, по всей видимости, не является новой или сверхновой звездой, но в то же время обладает всеми признаками килоновой, которая должна возникать при слиянии нейтронных звезд.

Об известных всему миру работах группы члена-корреспондента



Член-корреспондент РАН В.Б. Брагинский и профессор К. Торн. 2000-е гг.

РАН В.Б. Брагинского (1931–2015, физический факультет МГУ) рассказали сотрудники университета – соавторы этого выдающегося открытия профессора В.П. Митрофанов и С.П. Вятчин, представлявшие одну из двух российских групп, входящих в команду LIGO. Напомним, что в другую группу, под руководством академика А.М. Сергеева, входили ученые из Института прикладной физики РАН (Нижний Новгород).

Научный сотрудник ИКИ РАН А.А. Вольнова представила результаты оптических наблюдений послесвечения этого события и теоретической интерпретации полученных результатов. Оказалось, что по своим спектральным характеристикам и виду

кривой блеска объект похож на известные ранее короткие гамма-всплески, однако обладает на несколько порядков меньшей светимостью. Наиболее логичное объяснение этого факта состоит в том, что мы наблюдаем источник под большим углом (в отличие от других гамма-всплесков, которые мы видим близко к оси релятивистского выброса, возникающего в момент слияния). Для объяснения уникальных наблюдательных свойств источника в гамма-диапазоне была предложена физическая модель, которую предстоит проверить в дальнейших наблюдениях.

Таким образом, стало ясно – наука в последнее время совершила новый гигантский прорыв в тайны Вселенной,

сравнимый с появлением первого телескопа Г. Галилея, опытами М. Фарадея, с открытием рентгеновского излучения, радиоволн и бурным развитием внеатмосферной астрономии.

Открытие гравитационных волн – сначала от слияния черных дыр, а

теперь и от сливающихся нейтронных звезд – представляет собой поистине историческое событие и триумф науки, триумф общей теории относительности и предсказаний А. Эйнштейна.

Редакция благодарит доктора физико-мате-

матических наук Александра Анатольевича Лутовинова за помощь в подготовке публикации.

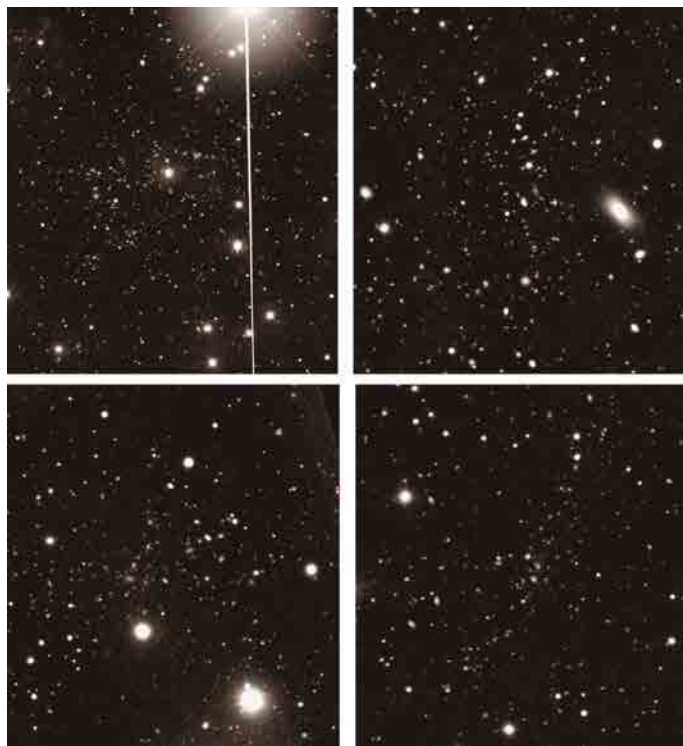
Сообщение подготовлено редакцией журнала на основе материалов с сайта

ИКИ РАН (www.cosmos.ru)

Информация

Скопления галактик очень большой массы

В результате систематического поиска с помощью различных оптических телескопов недавно обнаружено семь *новых далеких* (на расстоянии несколько миллиардов световых лет от нас) гигантских скоплений галактик на красных смещениях $z = 0,8$, масса каждого из них составляет около $6 \times 10^{14} M_{\odot}$. Многие более близкие скопления большой массы уже известны, тогда как на красных смещениях выше $z = 1$ массивных скоплений не должно быть из-за космологической эволюции. На больших расстояниях возраст Вселенной составляет приблизительно 6 млрд лет – всего около 40% современного, поэтому большие скопления к этому времени не успели образоваться. Такие объекты чрезвычайно редки, например, на красных смещениях



Примеры оптического отождествления массивных скоплений галактик на высоких красных смещениях, $z \approx 0,8$. Галактики в центрах изображений – это члены скоплений; белым показаны более близкие объекты. ИКИ РАН.

выше $z = 0,7$ на всем небе известно лишь 12 огромных скоплений. По-видимому, в скором времени будут обнаружены все скопления галактик массой более чем в 30 тыс. раз больше массы нашей Галактики ($4,8 \times 10^{11} M_{\odot}$) в наблюдаемой части Вселенной. Это – наглядное проявление того, что наблюдаемая часть Вселенной имеет конечный размер.

Открытия сделали российские астрофизики и их коллеги, используя второй каталог обзора неба PSZ2, составленный по данным космической обсерватории “Планк” (Земля и Вселенная, 2014, № 1). Поисками и отождествлением крупных скоплений галактик из каталога “Планка” с помощью оптических телескопов был занят большой научный коллектив, в который входят ученые ИКИ РАН, Казанского федерального университета, Института солнечно-земной физики СО РАН, Специальной астрофизической обсерватории РАН, а также Государственной обсерватории ТУБИ-ТАК (Анталья, Турция), Обсерватории Канарского института астрофизики (Тенерифе, Испания), Института космической астрофизики (Орсэ, Франция),

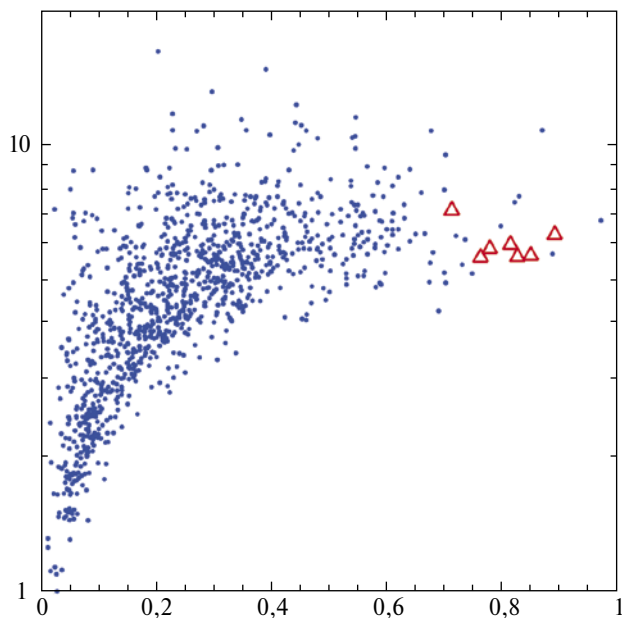


График соотношения между красным смещением (по горизонтали) и массой для скоплений галактик (по вертикали), отождествленных в каталоге “Планка” (точки) и в недавних исследованиях (треугольники). На красных смещениях (около $z = 0,8$) новые данные примерно удваивают число известных скоплений галактик массой более $10^{13} M_{\odot}$. ИКИ РАН.

Института астрофизики общества им. Макса Планка (Гархинг, Германия).

Для поиска скоплений были использованы данные различных обзоров неба в оптическом и инфракрасном диапазонах. Наблюдения в видимом спектре проводились, в основном, на российс-

ких телескопах: 1,5-м российско-турецком РТТ-150, 1,6-м Саянской обсерватории и 6-м – СО САО РАН. Кроме того, некоторая часть необходимых данных была получена на 3,5-м телескопе обсерватории Калар Альто (Испания).

Пресс-релиз ИКИ РАН,
23 января 2018 г.