

сопровождаясь корональным выбросом вещества в сторону от Земли. В результате всплытия нового магнитного потока, резко увеличившего площадь группы пятен, 9 июля наблюдалась вспышка балла 2N/M1.3, которая сопровождалась корональным выбросом вещества, прошедшего в стороне от Земли и не вызвавшего возмущения околоземного космического пространства. Третья вспышка 14 июля балла M2.4/1N была более мощной, сопровождалась динамическими явлениями в радиодиапазоне (IV тип), корональным выбросом вещества и потоком солнечных протонов, первым с мая 2016 г.

Повышенная всплывшая активность этой

группы пятен продолжалась и на обратной стороне Солнца: 23 июля произошла четвертая вспышка (по косвенным данным, большая) от которой отделился быстрый (максимальная скорость 1562 км/с) корональный выброс вещества типа “гало”. Выбросы солнечных волокон (7 событий) наблюдались 7, 11 (3), 16, 19 и 26 июля. Коронोगрафы космической обсерватории “SOHO” зарегистрировали больше 43 корональных выброса вещества разной интенсивности, среди которых один был типа “гало” и два – “частичное гало II” (угловая ширина 90° – 180°). В июле появились 1 рекуррентная и 2 вновь образовавшиеся корональные дыры. В геомагнитном

поле возникли одна умеренная (16–17 июля, от вспышки 14 июля) и одна малая (9–10 июля) в результате прохождения высокоскоростного потока от корональной дыры. В июле было отмечено 5 сут с возмущенной геомагнитной обстановкой. На геостационарных орбитах 17–27 июля отмечен очень высокий поток ($> 10^7$ частиц/м²) релятивистских электронов с энергиями больше 2 МэВ.

Текущее состояние солнечной активности и ее прогноз на русском языке можно найти в интернете (<http://www.izmiran.ru/services/saf/>). Страница обновляется каждый понедельник.

*В.Н. ИШКОВ
ИЗМИРАН,
ГЦ РАН*

Информация

Исследования темной материи

Недавно международной командой космологов под руководством доктора Флорента Леклера (Институт космологии и гравитации Портсмутского университета, Великобритания) с помощью компьютерного моделирования составлены карты динамики темной материи во Вселенной. Впервые преобразовано расположение галактик

в космическом пространстве в подробные карты распространения потоков материи и их скоростей. *“Темная материя представляет собой субстанцию неизвестной природы, которая, как сегодня считают ученые, составляет 80% от общей массы Вселенной. Так как она не излучает свет и никак не проявляется, то распределение и эволюция этого вида материи не поддаются прямым наблюдениям и могут быть изучены лишь по косвенным признакам”.*

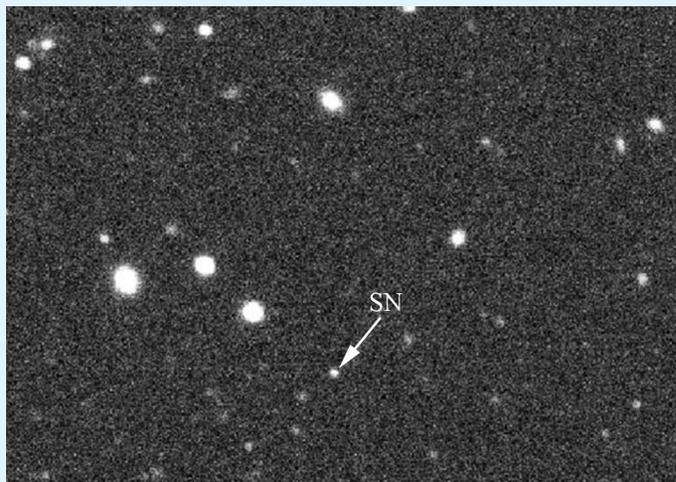
Исследователи использовали в своей работе данные Слоуновского цифрового обзора неба,

собранные в 2000–2008 гг. (Земля и Вселенная, 2004, № 4, с. 92; 2009, № 1, с. 34). В рамках этого обзора получены глубокие изображения 1/5 части неба и сняты спектры более чем 900 тыс. галактик. Для того, чтобы составить карты темной материи, ученые применяли математический анализ фазового пространства, воссоздав первичные условия в ближней части Вселенной, определенные в 2015 г. Карты охватывают участок Северного полушария неба размером 600 Мпк (см. стр. 2 обложки, вверху).

*Журнал “Journal of Cosmology and Astroparticle Physics”,
26 июля 2017 г.*

Самая старая гиперновая

В последние годы астрономы открыли десятки сверхъярких сверхновых (гиперновых) массой более $80 M_{\odot}$, но сейчас удалось найти один из самых древних, ярких и далеких от нас подобных примеров этого редкого типа звезд – DES15E2mlf в созвездии Феникса, расположенную в нормальной массивной галактике в 10 млрд св. лет от нас. Взрыв этой сверхновой сопровождался длинными гамма-всплесками и почти в три раза превышал яркость 100 млрд звезд Млечного Пути; он произошел примерно через 3,5 млрд лет после Большого взрыва – в ту эпоху (cosmic high noon), когда достигла максимума скорость звездообразования во Вселенной. Как и в случае с другими сверхновыми этого типа, природа вспышки пока не ясна: в том числе неизвестно какие физические процессы могли привести к столь мощной вспышке (выделилась энергия, превышающая 10^{45} Дж). Ученые предполагают, что такие гиперновые могут возникать в результате взрыва звезд, богатых углеродом и кислородом, и формирующих после своей смерти экзотический тип нейтронных звезд – магнитары.



Самая старая гиперновая DES15E2mlf (указана стрелкой) в созвездии Феникса, находится в 10 млрд св. лет от нас. Снимок получен 28 декабря 2015 г. с помощью 4-м телескопа “Бланко” межамериканской обсерватории Серро-Тололо (Чили).

Сверхъяркая сверхновая DES15E2mlf является необычной даже среди этого типа объектов. Впервые она была замечена в 2015 г. во время проведения глубокого обзора неба Dark Energy Survey (DES), выполненного с помощью 4-м телескопа обсерватории Серро-Тололо в Чили. Последующие наблюдения для измерения расстояния и получения подробных спектров сверхновой были проведены с помощью многоцелевого спектрографа GEMINI на 8-м телескопе GEMINI SOUTH астрономической обсерватории в Чили.

Предыдущие наблюдения показали, что обычно гиперновые располагаются в галактиках небольших масс или в карликовых галактиках, которые, как правило, обеднены металлами (элементами тяжелее

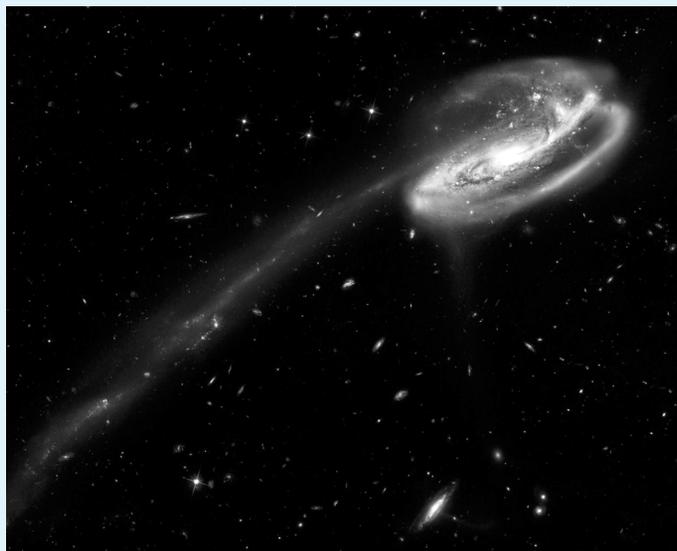
гелия). Это может быть связано с тем, что звезды с меньшим содержанием тяжелых элементов имеют склонность накапливать массу и взрываться с более высокой интенсивностью, чем звезды с повышенной металличностью.

В исследовании группы ученых под руководством Йен-Чен Пана (сотрудник DES) было предположено, что та родительская галактика, где находится DES15E2mlf, несмотря на свою массивность, могла в ту раннюю эпоху еще не успеть накопить в себе достаточно металлов, что и позволило ей формировать сверхъяркие сверхновые.

*Журнал “Monthly Notices of the Royal Astronomical Society”,
23 июля 2017 г.*

Газ в скоплениях галактик ранней Вселенной

Международная группа ученых во главе с Элисон Нобл из Массачусетского технологического института, входящая в сообщество “Spitzer Adaptation of the Red-sequence Cluster Survey” (использование данных космической обсерватории “Спитцер”) для изучения скоплений галактик на красной стадии и базирующаяся в Калифорнийском университете в Риверсайде (США), объединила результаты наблюдений, проведенных с помощью нескольких самых мощных в мире телескопов (им. Кека, VLT, ALMA) и Космической обсерватории Хаббла, чтобы исследовать молекулярный газ. Они определили его количество в 11 экстремально далеких галактиках ранней Вселенной ($0,2 < z < 1,4$) возрастом около 10 млрд лет, входящих в состав трех скоплений. Это позволило сравнить свойства изученных ими галактик, входящих в состав скоплений, со свойствами одиночных галактик, имеющих близкие характеристики. К своему удивлению, ученые обнаружили, что в галактиках, входящих в состав скоплений, содержится больше молекулярного газа, чем в одиночных галактиках. Известно, что при ее вхождении в скопление скорость звездообразования в ней уменьшается,



Разрушающаяся спиральная галактика с перемычкой “Арп” 188 “Головастик”, находящаяся в созвездии Дракона на расстоянии 420 млн св. лет. Хвост галактики протянулся на 280 тыс. св. лет, в нем много ярких голубых массивных звездных скоплений. “Арп” 188 столкнулась с более компактной галактикой, в результате ее отбросило за “Головастик” на 300 тыс. св. лет (она виднеется сквозь спиральные рукава). Во время прохождения галактик мимо друг друга приливные силы вытянули из “Арп” 188 звезды, газ и пыль, образовав хвост. Снимок получен в 2010 г. КТХ. Фото NASA.

так как происходит взаимодействие с материалом других и горячим межгалактическим газом. Если скорость звездообразования в входящей в состав скопления галактики меньше, чем у одиночной, то почему в первой из них наблюдается больше материала для создания новых звезд?

Астрофизики сообщества предложили несколько возможных объяснений полученных наблюдательных данных. Например, воздействие галактического окружения в скоплении может изменять свойства молекулярного газа в галактике, делая его менее пригодным для

формирования звезд, или же попавшая в скопление галактика влияет на повышенную частоту слияний между галактиками в скоплении. Несмотря на то, что новое исследование не дает точного ответа на вопрос о причинах повышенного содержания молекулярного газа в галактиках, входящих в состав скоплений, тем не менее, в нем приводятся наиболее точные на сегодняшний день данные о количестве молекулярного газа в галактиках ранней Вселенной.

*Журнал “Astrophysical Journal”,
2017. Vol. 844, № 1.*

Снимок КТХ спрятанной галактики

Несмотря на огромную яркость спиральной галактики промежуточного типа IC 342 (Caldwell 5) в созвездии Жирафа, находящейся вблизи галактического экватора, излучение от нее поглощается межзвездной пылью и затрудняет ее наблюдение. По этой причине сложно определить точное расстояние до нее: от 7 до 11 млн св. лет.

“Чандра”: симбиотическая звезда

Звезда R Водолея видна невооруженным глазом и давно известна как переменная, ее кривая блеска своеобразна: явно доминирует кривая блеска красного гиганта (долгопериодическая переменная типа Миры, о Кита) с ее 387-дневным периодом и амплитудой более 4^m. Пульсирует главный компаньон – красный гигант (мирида), он изменяет свою яркость в 250 раз, в отличие от его белого карлика, который не пульсирует. Более тщательное изучение показывает, что эпизодическое снижение амплитуды яркости произошло между 1928 и 1934 гг., 1974 и 1983 гг., то есть длительность затмения составляет около 8 лет. Следующее затмение ожидается в 2018 г. и закончится в 2026 г. Отклонения от нормальной кривой блеска мириды объясняются результатом движения белого карлика.

На основе снимков, выполненных в видимом и рентгеновском диапазонах, полученных КТХ и космической обсерваторией “Чандра”, недавно составлено изображение R Водолея (см. стр. 3 обложки, вверху).

Новый снимок Космического телескопа Хаббла запечатлел только центральную часть галактики (см. стр. 4 обложки), спрятавшуюся в клубах пылевого облака галактического диска, поэтому она получила название “Скрытая галактика” (Hidden Galaxy). Галактика очень активна: на это указывает многообразие цветов горячих областей звездообразования (белый и голубой цвета) и более прохладных регионов ионизированного водорода (красный цвет), а также

R Водолея классифицируется как симбиотическая переменная и находится на расстоянии около 650 св. лет от нас – это ближайшая к Земле звезда подобного типа. Симбиотическая система – небольшой класс двойных звезд: холодного красного гиганта и малой горячей звезды. Спектры симбиотических звезд показывают, что существуют три области, которые испускают излучение. Первые две: звездные компоненты высокой ионизации (например FeVII), а третья – туманность (OIII, NeII), охватывающая звездную пару. Красный гигант раздут настолько, что его внешняя атмосфера утекает в пространство, уносимая мощным звездным ветром. Красный гигант выбрасывает в окружающую среду большое количество водорода, равное по массе Земле. Белый карлик и аккреционный диск вокруг главной звезды окружены большим темным облаком. Газовая оболочка полностью заполняет полость Роша, и через точку Лагранжа перетекает на белый карлик, который вместе с диском и облаком движется по 44-летней

темные полосы непрозрачной пыли, кружащих яркое ядро. Газопылевые карманы сосредоточены в ее рукавах. Возможно, недавно IC 342 перенесла вспышку звездообразования – это заметно по нагреву окружающей молодые звезды пыли. Галактика достаточно близка к нам, чтобы вносить гравитационный вклад в развитие Местной группы галактик и Млечного Пути.

*Пресс-релиз NASA,
7 июля 2017 г.*

орбите вокруг центра масс системы. В видимое излучение двойной системы основной “вклад” вносит красный гигант. Однако вещество из протяженной оболочки гигантской холодной звезды под действием гравитации падает на маленький плотный белый карлик, вызывая термоядерный взрыв, в результате вещество выбрасывается в космическое пространство.

У белого карлика температура на поверхности равна 20 000 К, у красного гиганта (переменной) – около 3000 К. Кроме того, белый карлик немного менее массивен, чем его компаньон, но более компактен; его поле тяготения сильнее красного гиганта. Пульсирующий красный гигант постепенно сбрасывает свою оболочку, поскольку внешние слои звезды слабо связаны с центральным горячим и очень плотным ядром. Аккреция вещества приведет к накоплению вещества на поверхности белого карлика, в результате чего через сотни миллионов лет произойдет взрыв новой или сверхновой звезды.

*Пресс-релиз NASA,
6 июня 2017 г.*

Как возникла структура нашей Галактики

Группа астрономов Университета Кентукки (США) во главе с Деборой Фергюсон, используя данные Слоуновского цифрового обзора неба (Земля и Вселенная, 2004, № 4, с. 92; 2009, № 1, с. 34), проанализировали пространственное распределение

3,6 млн звезд и обнаружили в галактическом диске асимметричные волны – следы древних столкновений с галактиками (не исключено возможное взаимодействие с карликовой галактикой Стрелец – спутником Млечного Пути, произошедшее примерно 850 млн лет назад). Такие столкновения могли привести к возникновению асимметрии в галактическом

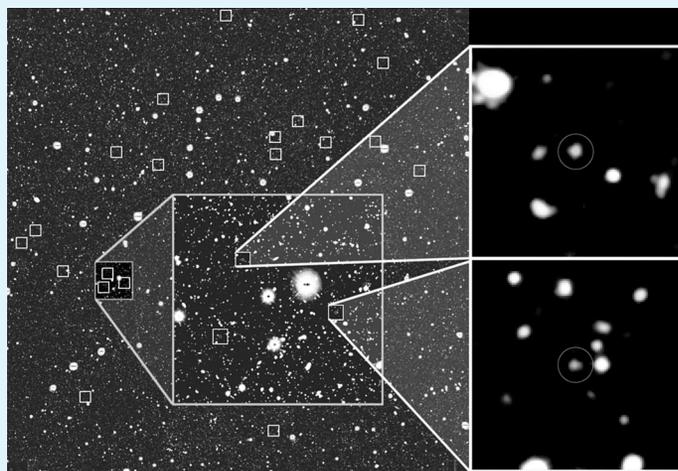
диске Млечного Пути. В плоскости галактического диска и перпендикулярной ей плоскости были найдены неоднородности, напоминающие волны, которые, по мнению авторов, сыграли решающую роль в создании нынешней структуры нашей Галактики.

*Журнал "Astrophysical Journal",
2017. Vol. 844, № 1.*

Темная эпоха Вселенной

Астрономы обнаружили, что небольшие галактики с активным звездообразованием были широко распространены во Вселенной через 800 млн лет после Большого взрыва. Самые первые галактики, освещавшие и ионизовавшие Вселенную, сформировались в еще более раннюю эпоху, когда ей было всего 300 тыс. лет и она была светонепроницаема; еще не сформировались звезды и галактики, и ее наполнял лишь нейтральный газообразный водород. В какой-то момент во Вселенной появились первые галактики, их мощное излучение ионизировало окрестности, наполненные газом межгалактического пространства, освещая их своим светом и преобразуя Вселенную.

Когда произошла ионизация нашей Галактики – еще неизвестно. В новом исследовании приблизиться к решению этой проблемы ученые помогли наблюдения небольших галактик далекой Вселенной с активным звездообразованием. Они изучили популяцию из 23 небольших



Участок неба, охватывающий 2 квадратных градуса. Здесь находятся карликовые галактики с активным звездообразованием, они первыми возникли через 800 млн лет после Большого взрыва (выделены небольшими квадратами). Во врезках – крупные изображения 2 крупных из 23 галактик, в кружках – источники излучения размером 5". Фото Zhen-Ya Zheng (SHAO), Junxian Wang (USTC).

галактик возрастом 800 млн лет, расположенных на красном смещении $z = 7$, и выяснили, что спектры некоторых из них имеют разную интенсивность. Это означает, что во время образования одних галактик еще присутствовали облака нейтрального водорода; в то время, как в окрестностях других газ

уже был ионизован. Следовательно, Вселенная к этому времени была ионизована лишь частично, а значит, первые галактики появились между 300 млн лет и 1 млрд лет после Большого взрыва.

*Журнал "Astrophysical Journal",
2017, Vol. 843, № 2.*

Состав звезд в карликовой галактике

Международная группа астрономов тщательно измерила химический состав 158 красных гигантов, расположенных в спутнике нашей Галактики – карликовой эллиптической петлеобразной галактике Стрелец (SagDEG) диаметром 10 тыс. св. лет, находящейся в 88 тыс. св. лет от нас. Взаимодействие ее с нашей Галактикой приводит к образованию массивных приливных хвостов, обнаруженных в гало Млечного

Пути. Звезды, находящиеся в ядре галактики Стрелец, благодаря своей близости к нам представляют собой превосходные цели для исследований методом спектроскопии высокого разрешения с помощью 2,5-м инфракрасного телескопа обсерватории Апачи-Пойнт (США) в рамках эксперимента “APOGEE”.

В ходе исследования определено содержание 16 химических элементов (углерода, азота, кислорода, натрия, магния, алюминия, кремния, фосфора, калия, кальция, ванадия, хрома, марганца, железа, кобальта

и никеля) в крупной группе звезд галактики, оно показало их малый процент. Это указывает на то, что большая часть звезд последних поколений в галактике Стрелец с металличностью (Fe/H) выше $-0,8$ формировалась из газа, который был в значительно меньшей степени “загрязнен” взрывами сверхновых II типа, по сравнению с газом, из которого формировались звезды диска и балджа нашей Галактики.

*Интернет-сайт
“Астроньюс”,
18 июля 2017 г.*

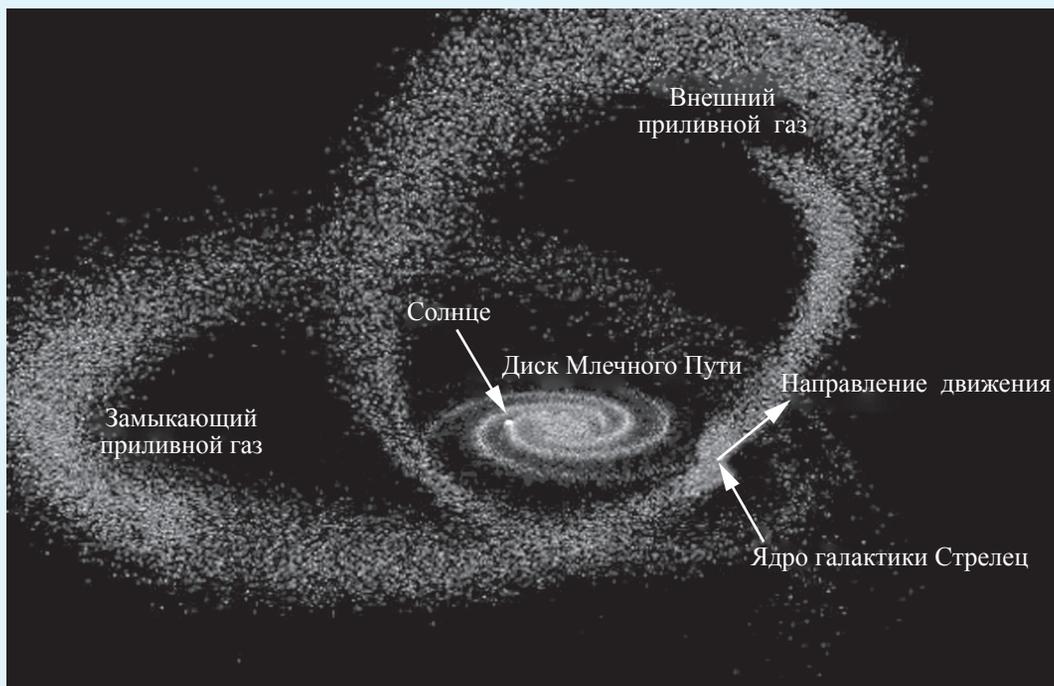


Схема расположения в пространстве Млечного Пути и петлеобразной карликовой галактики Стрелец.

Изучение нейтронных звезд

3 июня 2017 г. с космодрома Канаверал запущен грузовой КК “Дрэгон-11” (CRS-11), доставивший на МКС по программе NASA научный прибор “NICER” (Neutron star Interior Composition Explorer – исследователь внутреннего состава нейтронных звезд) массой 372 кг. После стыковки 5 июня корабля “Дрэгон-11” со станцией американские астронавты установили инструмент на транспортно-складскую платформу ELC-2, а затем, 17 июня, его вынесли на внешнюю поверхность МКС. Срок основной миссии “NICER”

рассчитан на 18 месяцев, затем прибор будет возвращен на Землю.

С помощью “NICER” планируется выполнить несколько экспериментов. Первый – измерить динамику интенсивности рентгеновского излучения пульсаров и его периодичность, она поможет ученым понять поведение частиц в сверхплотном веществе и природу самой стабильной формы материи, находящейся глубоко внутри нейтронных звезд. Второй – зарегистрировать светимость пульсаров, вызванную их собственной гравитацией, искривляющей пространство–время. Изучение таких искажений должно помочь с большой точностью измерить

радиусы и массу нейтронных звезд и узнать, каковы ограничения, не дающие нейтронной звезде превратиться в черную дыру. Это особенно актуально для систем двойных звезд. В таких парах нейтронная звезда постепенно вытягивает вещество из менее массивной звезды и тем самым увеличивает собственную массу, постепенно приближаясь к критическому порогу, после которого звезда превращается в черную дыру.

Второй эксперимент “SEXTANT” (Station Explorer for X-ray Timing and Navigation Technology – статические исследования времени пульсаций рентгеновского излучения и навигационная технология), демонстрирую-



Схема прибора “NICER” с обозначением датчиков и бортовых систем. Рисунок NASA, GSFC.



Прибор “NICER” на платформе ELC-2, установленный на внешней поверхности МКС. Фото NASA.

ший возможности инновационного метода космической навигации, основанного на использовании пульсаров в качестве “маяков”. На Земле рентгеновские лучи видны как вспышки излучения в диапазоне от секунд до миллисекунд в зависимости от того, насколько быстро вращается пульсар. Поскольку эти пульсации предсказуемы, их можно использовать в качестве “небесных часов”, обеспечивая высокоточное время в системе GPS для сверхточного определения положения МКС на орбите. Изучение нейтронных звезд поможет астрофизикам лучше ориентироваться в галактике:

пульсары служат маяками для измерения расстояния до других объектов. Эта система даст возможность получить более точные данные о расположении объектов, в сравнении с ныне используемыми. Экипажи межпланетных экспедиций и АМС, оснащенные таким навигационным устройством, могут самостоятельно вычислить свое местоположение и не зависеть от ЦУП.

Третий эксперимент – демонстрация передачи данных с помощью рентгеновских лучей: она позволяет передавать гигабиты данных в секунду на межпланетные расстояния, а также обеспечивать сверхскоростную

связь с гиперзвуковыми транспортными средствами и космическими аппаратами.

В честь 50-летия открытия первого пульсара (Земля и Вселенная, 1971, № 1) датчики “NICER” сначала были направлены в сторону пульсара PSR B1919+21, находящегося в созвездии Лирички. Ученые планируют получить первые научные результаты в конце 2017 г.

Через несколько дней эксплуатации прибора были измерены уже свыше 40 небесных объектов с целью калибровки инструмента ХТИ (X-ray Timing Instrument – прибор временного отсчета рентгеновского излучения) и вспомогательной камеры для слежения за звездами. Устройство MXS (Goddard’s Modulated X-ray Source – годдардовский источник модулирования рентгеновских лучей), созданный в Центре космических полетов им. Р. Годдарда NASA, генерирует излучение с быстро меняющейся интенсивностью, включаясь и выключаясь много раз в секунду, для того, чтобы имитировать, например, пульсации нейтронной звезды.

*Пресс-релиз NASA,
18 июля 2017 г.*