BR-145
February 2000

Архивы IUE, представленные мировому научному сообществу

Продвинутый архив и система распространения астрофизических данных

Ультрафиолетовое излучение

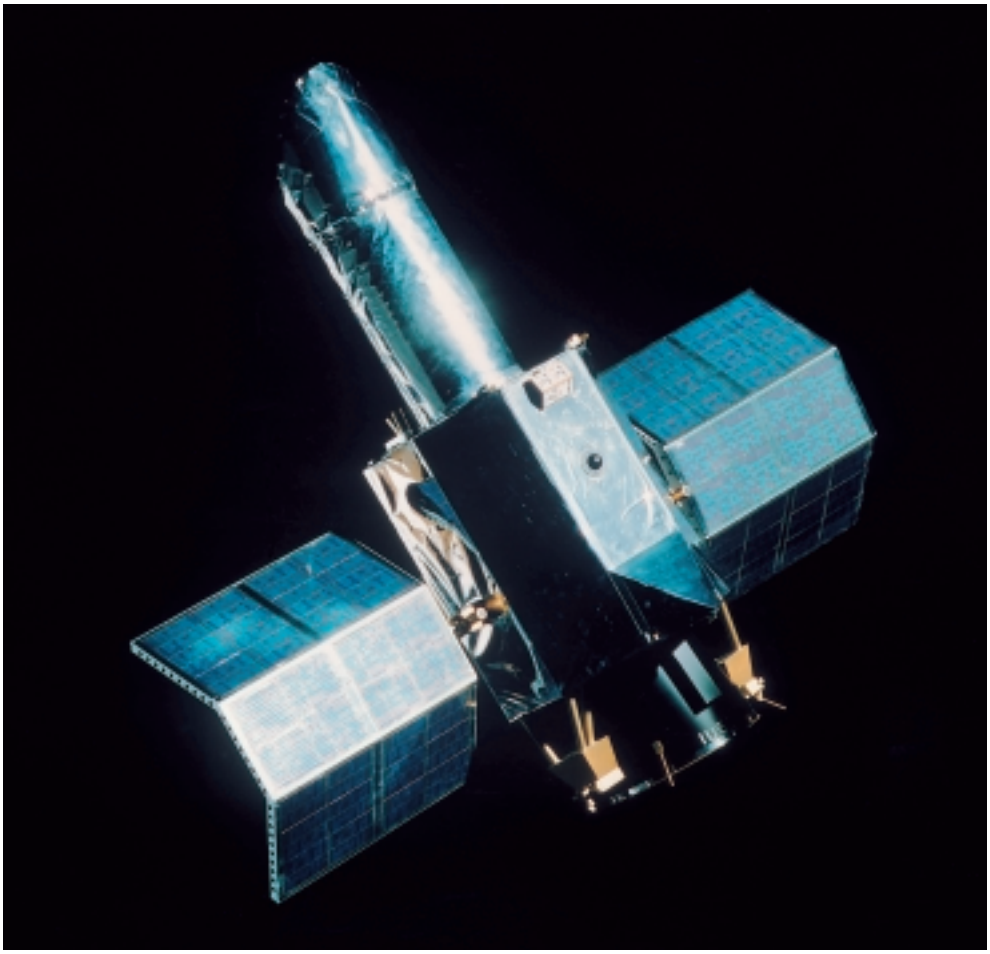
Ультрафиолетовый (УФ) свет, или излучение, не виден человеческому глазу и чрезвычайно опасен для кожи. К счастью, озоновый слой, расположенный на высоте от 15 до 40 км, защищает нас от него. Но эта защита неблагоприятна для астрономов: так как большая часть УФ излучения не достигает земли, то и информация об астрономических объектах, которую оно несет, недоступна для земных телескопов. Только УФ телескопы, расположенные за пределами земной атмосферы, могут помочь в изучении ультрафиолетовой вселенной.

Электромагнитное излучение разных длин волн несет различную информацию об астрономических объектах. Хотя все они излучают свет во всем диапазоне, максимумы излучения находятся на разных длинах волн в зависимости от ряда факторов, таких, как температура или уровень ионизации вещества. Холодная материя, например (от –100 до примерно 700 °C), излучает главным образом в инфракрасном диапазоне, и поэтому лучше всего наблюдается с помощью инфракрасных телескопов. Пик излучения источников с температурой от 800 до 10 000 градусов лежит в оптическом диапазоне – в свете, видимом человеческим глазом, – и наблюдаются оптическими телескопами. Типичные температуры ультрафиолетовых источников находятся между 10 000 и 100 000 градусами. Яркие УФ источники, таким образом, – горячие звезды, аккреционные диски и, в целом, значительные потрясения во Вселенной. Источники рентгеновских и гамма-лучей – еще более энергетичные объекты.

Благодаря изучению ультрафиолетовой Вселенной астрономы имеют теперь разностороннее и более полное представление о Солнечной Системе и о пространстве; они смогли проникнуть в области, окружающие черные дыры, и понять такие явления, как взрывы сверхновых и новых, много лучше. Но изучение ультрафиолетовой Вселенной только началось...

Факты об IUE – объединенном проекте ESA/NASA/UK

ВРЕМЯ ЖИЗНИ НА ОРБИТЕ:	
	18.7 лет без перерыва до сентября 1996
ОРБИТА:	Геосинхронная 32,000 x 52,000 км
УПРАВЛЕНИЕ:	Две обсерватории (VILSPA в Испании; GSFC в США)
ТЕЛЕСКОП:	45 см, f/15 Ричи-Кретьен Кассегрен
ЗАПУСК:	26 января 1978 с мыса Канаверал (671 кг), носитель Дельта
НАУЧНАЯ АППАРАТУРА:	2 спектрографа для ультрафиолетового диапазона; прибор для тонкой стабилизации; 2 разрешения для 18 км/с и для 800 км/с
СОБРАННЫЕ ДАННЫЕ:	110 033 спектров 11 054 различных объектов с различием яркости до 10 млрд. раз, включая кометы, планеты, звезды, галактики и квазары
СПЕЦИАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИССИИ:	
	УФ наблюдения за пределами земной атмосферы
	Сходство с наземными обсерваториями
	Исключительно быстрый отклик на астрономические явления (1 час)
	Широко используемый с самого начала миссии архив данных
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ:	
	Каждый час продолжает запрашиваться пять спектров
	3 585 публикаций в профессиональной литературе
	с использованием данных IUE
	В более чем 500 диссертациях использованы данные IUE



Космический аппарат IUE в рабочей конфигурации с полностью развернутыми солнечными батареями. Форма передней части спутника защищает научную аппаратуру от солнечного и земного света

Спутник IUE

Спутник IUE (International Ultraviolet Explorer) был первой действующей космической обсерваторией. Хотя некоторые более ранние полеты ракет и миссии – TD-1 от ESA, Copernicus от NASA и миссии NASA и SRON ANS – уже показали, что исследование УФ излучения может дать новую ценную информацию, только IUE управлялся как настоящий космический телескоп всего астрономического сообщества. И именно IUE обозначил начало эры УФ астрономии и помог астрофизикам осознать громадные преимущества космической астрономии.

До сих пор не побит рекорд IUE по продолжительности работы среди всех космических обсерваторий. Этот совместный проект ESA, NASA и Великобритании функционировал по сентябрь 1996 года, на 13 лет дольше, чем ожидалось. Команда из 50 астрономов и инженеров управляла им со станции ESA слежения за спутниками в Виллафранка (Мадрид, Испания) и из Центра космических полетов NASA (Мэриленд, США). Более 2 000 ученых проводили исследования, имея редкую для космических миссий возможность оперативно менять план наблюдений, откликаясь на астрономические события. IUE получил более чем 110 000 спектров 11 000 различных объектов, каждый из которых уже был шесть раз использован астрономами.

INES, наследие IUE для астрономии будущего

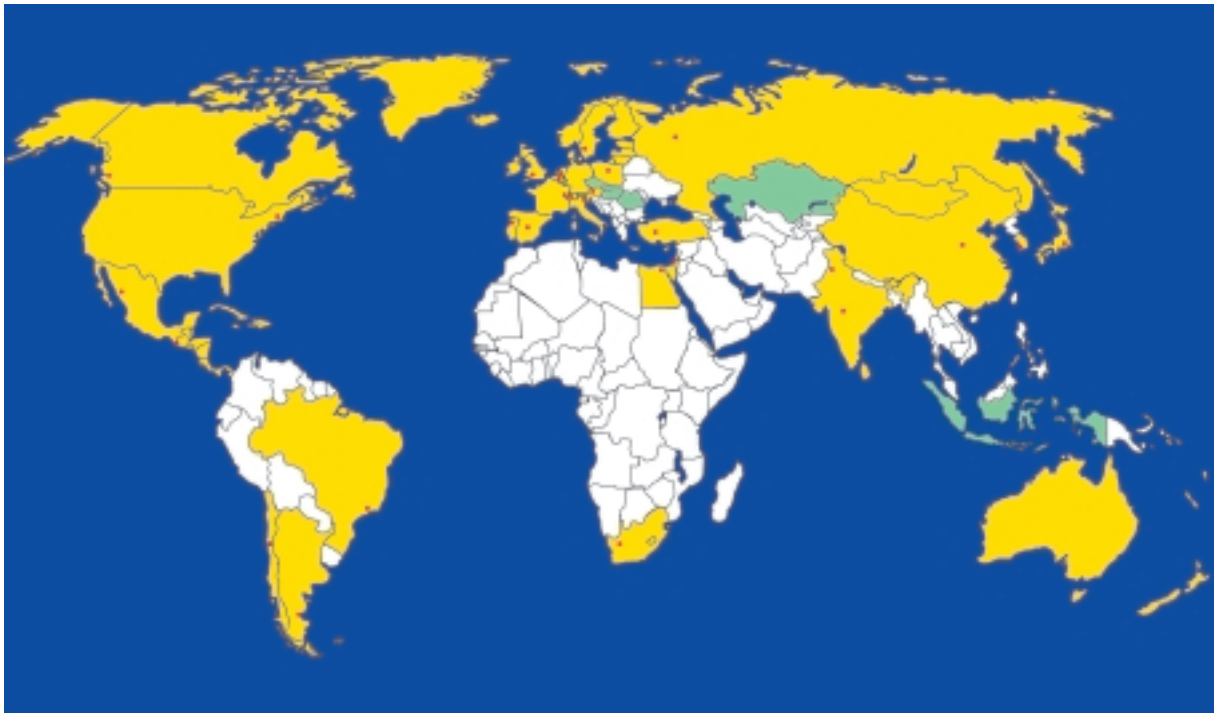
Архив IUE был первым архивом астрономических данных, работающим в режиме прямого доступа, в то время, когда еще не существовала даже сеть WWW, – и теперь он содержит почти два десятилетия УФ астрономии: более 110 000 спектров 11 000 объектов. Мог ли IUE оставить лучшее наследие? Для того, чтобы эта золотая жила была полностью разработана в будущем, Европейское Космическое Агентство (ESA) создало INES – систему, предназначенную для распространения данных IUE.

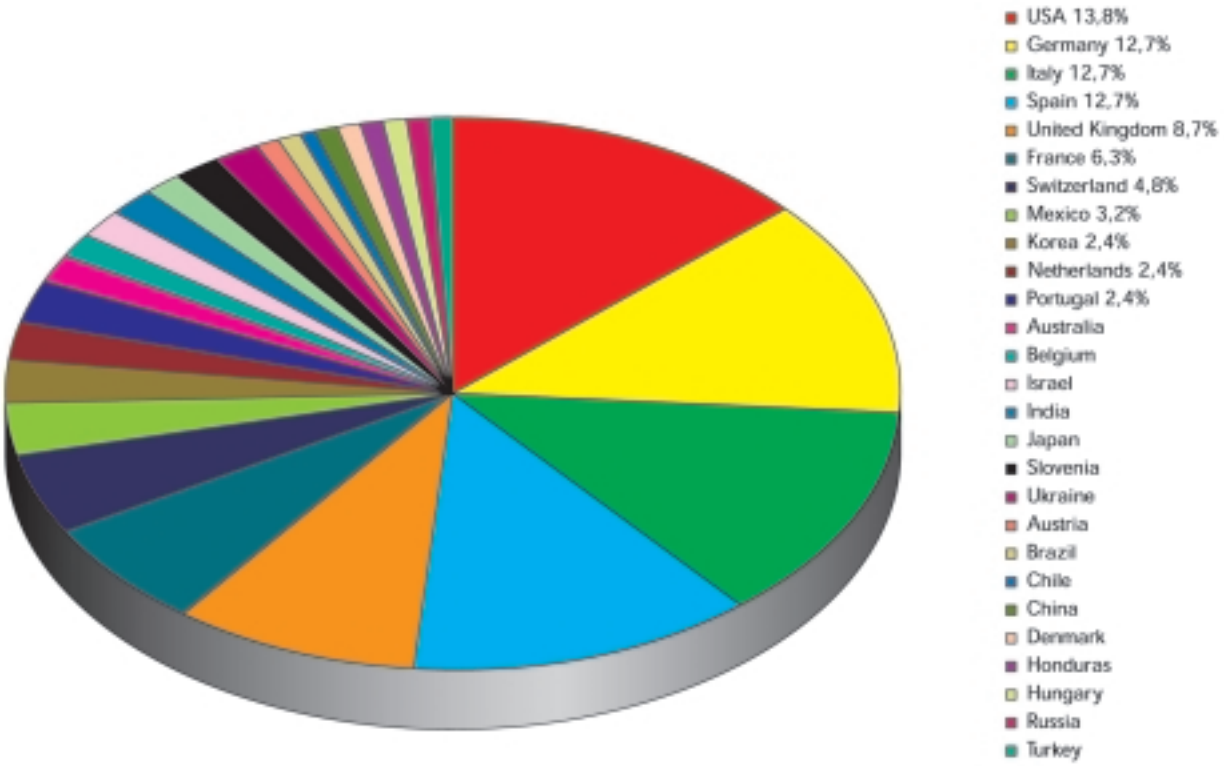
Система INES (**I**UE **N**ewly **E**xtracted **S**pectra) – полный астрономический архив и система распространения данных. Ее создание и представление астрономической общественности – конечная цель деятельности ESA, связанной с проектом IUE.

Важны архивы всех астрономических проектов. Они содержат основанную на наблюдениях информацию, в большинстве случаев уникальную, и являются превосходным подспорьем при изучении переменных явлений. Однако скорость получения данных от космической миссии, как правило, слишком велика для того, чтобы они могли быть оцифрованы и предоставлены общественности немедленно.

INES содержит полный набор данных, полученных за 18.7 лет ультрафиолетовой спектроскопии спутником IUE. Все данные представлены в формате, пригодном для прямого научного анализа, и не требуют специальной редукции. Представление INES заключает собой те 25 лет, когда проект IUE играл значительную роль в астрофизике.

Карта иллюстрирует распространение системы INES, открывающей доступ к УФ спектрам. Страны, отмеченные желтым цветом, – активные пользователи INES, институты-Национальные центры отмечены красными точками. Страны, отмеченные зеленым, не имеют национальных центров, но местные пользователи поддерживаются Главным Центром в LAEFF.





Географическое распространение пользователей INES в 1999 году

Поскольку INES – это уникальный исторический архив, специальные усилия были посвящены тому, чтобы:

- Обеспечить легкий доступ и использование данных. Система распространения архива была создана таким образом, что позволяет дополнения и усовершенствования и доступна при помощи стандартных средств, имеющихся в исследовательских институтах и университетах во всем мире.
- Не требовалось специальных знаний о проекте для эффективного использования данных.
- Организовать данные таким образом, чтобы дополнительные усовершенствования в системе INES не отражались на ее функционировании.
- Минимизировать расходы, связанные с поддержкой архивов.

В течение истории проекта IUE специальное внимание уделялось распространению наблюдений среди всего научного сообщества. Анализ работы первого архива астрономических данных прямого доступа, ULDA, созданного еще в 1985 году в рамках проекта ESA/IUE, использовался при создании INES.

Система распространения данных имеет три уровня:

- Главный центр в LAEFF/INTA – на станции ESA Villafranca в Мадриде – с зеркалом в Канадском Центре астрономических данных (CADC, Виктория, Канада);
- в настоящее время 20 Национальных центров;
- конечные пользователи.

В Главном центре содержится полная база данных и ядро системы распространения данных. Центр обеспечивает доступ к информации, недоступной с Национальных центров. Он также обеспечивает и координирует поддержку и развитие системы во всем научном мире.

Национальные центры расположены в разных странах для обеспечения быстрого локального доступа к архиву. Они содержат часть архива. Запросы пользователей автоматически удовлетворяются на уровне Национального центра или переадресуются в Главный Центр. Весь процесс запрашивания данных полностью автоматизирован и прозрачен для пользователя. Доступность значительного числа Национальных центров, плюс Главный центр и его зеркало в Канаде, позволяет обойти локальные проблемы со связью и гарантирует непрерывную доступность данных.

Наука с IUE:

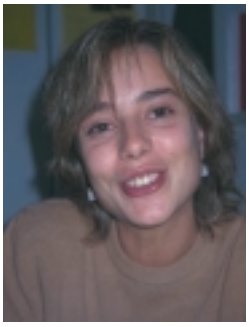
от полярных сияний на Юпитере до черных дыр

IUE начал и завершил работу для астрономии наблюдениями одного и того же объекта – очень яркой звезды Капеллы в созвездии Знаменосца, – между ними прошло 18.7 лет. Все эти годы IUE был ультрафиолетовым глазом Земли в небе, открывшим ту Вселенную, что была недоступна для живущих под слоем земной атмосферы. Астрономы и мечтать не могли о лучшей возможности. IUE, максимальный срок жизни которого на орбите оценивался изначально в пять лет, внес ключевой вклад в многие области астрономии. Его открытия, как в пределах Солнечной системы, так и в далеком межгалактическом пространстве, часто были маяками новых задач для новых поколений астрономов.

IUE позволил, например, первое систематическое исследование изменения активности кометы в течение ее путешествия через Солнечную Систему. Он обнаружил существование полярных сияний на Юпитере и изучил их изменения в течение 11-летнего солнечного цикла. А на дальних расстояниях IUE позволил впервые напрямую зарегистрировать гало нашей Галактики – большую массу очень горячей материи на окраинах Млечного Пути – и измерил размер черной дыры в ядре активной галактики. Кроме того, был открыт единственный квазар с большим красным смещением, изученный в ультрафиолете.

Первая когда-либо существовавшая космическая обсерватория, удаленная от Земли на расстояние свыше 30 000 километров, IUE управлялся так легко, как любой наземный телескоп. Благодаря своей орбите и характеристикам, он мог и быстро откликаться на астрономические события, и вести длительные непрерывные наблюдения одного объекта. Так, впервые были проведены наблюдения сверхновой через несколько часов после взрыва, и были изучены явления, изменяющиеся в течение дней, как звездный ветер горячих звезд.

IUE был также первой космической обсерваторией, участвовавшей в одновременных наблюдениях в разных длинах волн вместе с другими астрономическими спутниками и с наземными телескопами. Вдобавок, благодаря долгой жизни спутника, астрономы зарегистрировали такие явления, которые и не надеялись увидеть, – как превращение старой звезды в планетную туманность – звезду, окруженную светящимся облаком газа и пыли. Анализируя наблюдения IUE, исследователи проследили видимые изменения, произошедшие с этой звездой за два десятилетия.



Д-р Ева Вердуго, INSA
аналитик Архива ISO
Изучая и используя данные архива IUE при написании моей диссертации, я приобрела ценный опыт работы со средствами будущего.

Д-р Виллем Вамстекер, ESA
научный сотрудник проекта IUE
IUE устанавливает стандарты, по которым будут оцениваться последующие проекты; работать с ним было и почетно, и чрезвычайно увлекательно.

Проф. Мудумба Партасарати, IIA
научный сотрудник ISRO, Индия
Для ученых в странах, подобных Индии, доступность данных IUE при помощи INES стала большим прорывом, открыв для нас данные УФ астрономии. Ни одна другая система не позволяет так легко использовать данные для новых научных открытий.

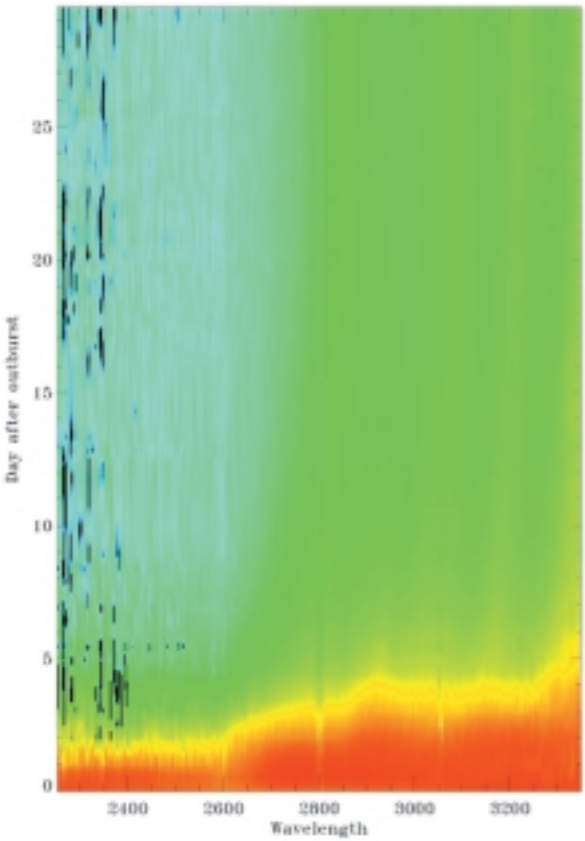
Проф. Клаас С. де Боер, университет Бонна
Директор Sternwarte, Германия
'Я работал с IUE и его данными с самого начала, и считаю замечательным то, что проект сохранил динамичность до самого конца. Создание INES – великолепное завершение четвертьвекового проекта IUE.

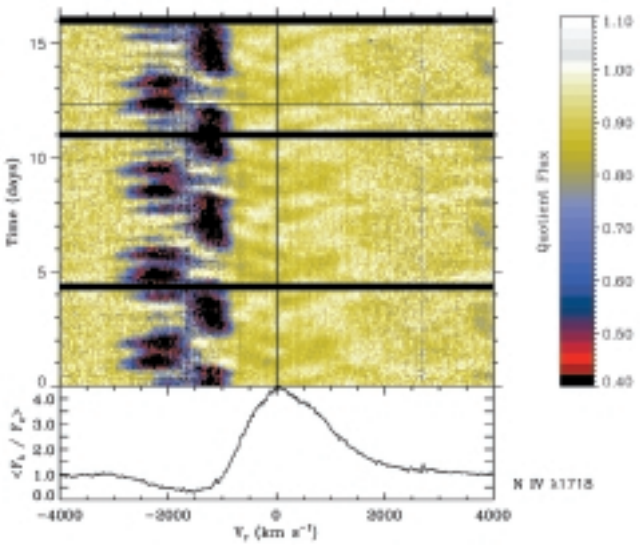
Разоблачение прародителя сверхновой

Благодаря программе, позволявшей быстрый отклик IUE, Сверхновая 1987 A (SN 1987A) наблюдалась всего через несколько часов после ее открытия. Восемь лет наблюдений IUE за этим объектом дали самый полный из когда-либо имевшихся набор информации об эволюции сверхновой в УФ лучах. Рисунок 3 представляет эволюцию УФ спектра SN 1987A в течение первого месяца. За первые три дня поток уменьшился в 1000 раз.

Помимо изучения самой SN 1987A, показавших, например, движение материи в фотосфере со скоростями до 40 000 км/с, данные IUE позволили легко определить взорвавшуюся звезду – голубой сверхгигант Sk-69°202. Впервые прародитель сверхновой был разоблачен, что изменило современные представления о звездной эволюции.

Кольцеобразная структура вокруг сверхновой, видная на изображениях, полученных HST только в 1991 году, уже была зафиксирована IUE несколькими месяцами позже взрыва. Наблюдения ультрафиолетового «эхо» от межзвездной пыли, расположенной вдоль луча зрения наблюдателя, направленного на SN 1987A, и освещенной взрывом, позволило реконструировать спектр сверхновой во время взрыва, указывающий на чрезвычайно высокие температуры.





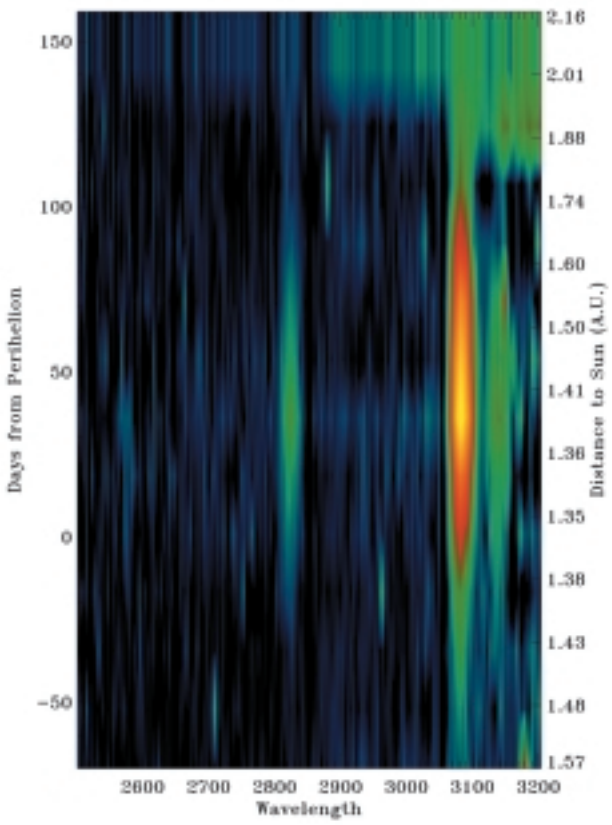
Горячий звездный ветер

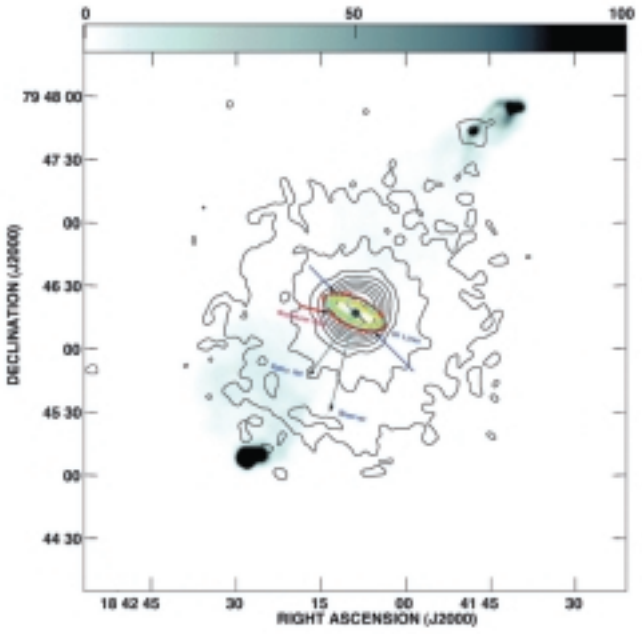
Для горячих звезд характерен сильный звездный ветер, уносящий огромные массы вещества со скоростями в тысячи км/с. Этот процесс потери массы, имеющий характерное время от часов до дней, имеет громадное влияние на жизнь звезды. Непрерывные наблюдения в течение нескольких дней позволили лучше понять механизмы ветра. Пример на рисунке 4 – звезда Вольфа-Райе, проэволюционировавшая массивная горячая звезда с огромной скоростью потери массы.

На диаграмме показано, как периодически изменяется скорость газа, определяемая по смещению линий поглощения. Существует два периода, примерно один и четыре дня, со значениями скорости в максимуме в 3000 и 1500 км/с, соответственно. Сосуществование этих двух периодичностей отражает сложную природу взаимодействий во внешних слоях таких звезд.

Охота за кометой

Наблюдения комет были одной из самых нетривиальных задач IUE из-за трудности отслеживания таких быстрых объектов. Однако кометы наблюдались IUE ц самого начала миссии. IUE смог открыть, например, никогда не виданные молекулы в ядрах комет и, главное, смог проследить за кометами на протяжении всего их пути из дальних далей до ближайших к Солнцу положений. Это позволило астрономам впервые исследовать содержание водяного пара по мере нагревания кометы ультрафиолетовым излучением Солнца. Рисунок показывает, как излучение радикалов OH, образующихся при распаде молекул воды, увеличивается по мере приближения кометы Д'Арреста к Солнцу. По анализу этого излучения можно оценить потерю воды кометой, составляющую около 20 литров в секунду, когда комета находится в 300 млн. км от Солнца, и увеличивающуюся до 1200 литров в секунду, когда она на 100 млн. км ближе. А находясь на минимальном расстоянии от Солнца, комета за 30 минут теряет столько воды, что ее хватило бы для заполнения олимпийского плавательного бассейна!

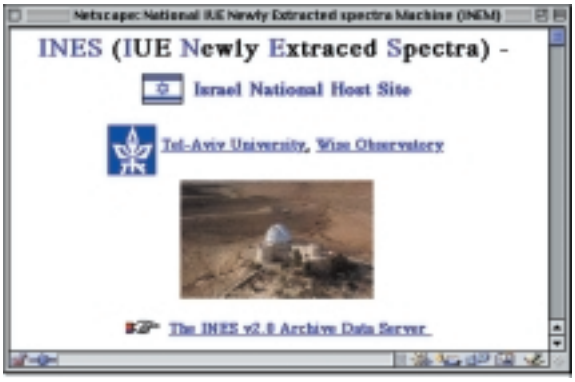




Кормление черной дыры

В происхождении наблюдаемых в галактиках взрывов теоретики обвиняли гигантские черные дыры. Наблюдения не противоречили идее о том, что черная дыра «поедает» газ с плоского «обеденного стола», окружающего ее и названного аккреционным диском. В 1997 году эти догадки стали реальностью. Было объявлено, что аккреционный диск в галактике 3C390 имеет протяженность около 1/5 светового года, что в 1500 раз больше, чем черная дыра в его центре.

IUE исследовал эту галактику 39 раз за 14 лет. Ученые использовали также наблюдения пяти рентгеновских спутников. Всякий раз, когда черная дыра «глотала» больший кусочек, чем обычно, галактика вспыхивала, и свету требовалось больше месяца, чтобы достичь границы аккреционного диска. Эта задержка позволила измерить ширину диска. Изучая движения газа, астрономы также рассчитали судьбу несчастной звезды, поглощенной черной дырой. Разорванное гравитацией, ее вещество дважды обернется вокруг черной дыры, прежде чем исчезнуть в ее утробе через 150 лет.



Перевод: *Оригинальный язык этой брошюры – английский. Перевод текста был любезно осуществлен администраторами Национальных Центров.*

Summary information of INES National Host Institutes and URL addresses

Argentina: Observatorio Astronómico, Univ. Nacional de La Plata, Buenos Aires	*http://www.fcaglp.unlp.edu.ar/
Austria: Kuffner-Sternwarte, Vienna	http://www.kuffner.ac.at/ines/
Belgium: Royal Observatory of Belgium, Brussels	http://ines.oma.be/
Brazil : Instituto Astronomico e Geofisico, Sao	http://ines.iagusp.usp.br/ines/
Canada: CADC/DAO, Victoria B. C	http://204.174.103.197/
Chile : AURA/CTIO, La Serena	*http://www.ctio.noao.edu/
China,P.R.(National) : Centre for Astrophysics - USTC, Hefei	http://iue.cfa.ustc.edu.cn/ines/
Costa Rica: University of Costa Rica, San Jose	*http://www.efis.ucr.ac.cr/
Egypt: NRIAG - Helwan Observatory, Cairo	*http://www.frcu.eun.eg/
France : CDS - Observatoire de Strasbourg, Strasbourg	http://cdsweb.u-strasbg.fr/
India : Space Science Data Centre - ISRO HQ, Bangalore	*http://www.isro.org/
Indian Institute of Astrophysics - VBO, Alangayam	*http://www.iiap.ernet.in/
Israel : Wise Observatory, Tel Aviv University, Tel Aviv	http://wise-iue.tau.ac.il/
Italy : Osservatorio Astronomico di Trieste, Trieste	http://ines.oat.ts.astro.it/
Japan : National Astronomical Observatory, Tokyo	http://iue.mtk.nao.ac.jp/
Korea : Department of Astronomy and Space Science, Chungbuk	htttp://star91.chungbuk.ac.kr/ines/
Mexico :INAOE, Puebla	*http://www.inaoep.mx/
Netherlands : Sterrenkundig Instituut, Utrecht	*http://www.fys.ruu.nl/
Nordic countries : Uppsala Astronomical Observatory, Uppsala	*http://www.astro.uu.se/
Poland : Torun Center for Astronomy, Nicholas Copernicus University, Torun	http://ines.astri.uni.torun.pl/
Portugal : Centro de Astrofisica da Universidade do Porto, Porto	*http://www.astro.up.pt/
Russia : Institute of Astronomy of Russian Acad. Sci., Moscow	http://ulda.inasan.rssi.ru/
South Africa : South African Astronomical Observatory, Cape Town	*http://www.saao.ac.za/
Spain : LAEFF/VILSPA, Madrid. INES Principal Centre (also serving Germany)	http://ines.vilspa.esa.es/
Switzerland : Inst. d'Astronomie de l'Université de Lausanne, Chavannes-des-bois	*http://obswww.unige.ch/
Taiwan : Inst. of Physics and Astronomy, Chung-Li	*http://www.phy.ncu.edu.tw/
Turkey : Physics Department - METU, Ankara	*http://www.physics.metu.edu.tr/
United Kingdom : Rutherford Appleton Laboratory, Chilton	http://iuepc.bnsc.rl.ac.uk/ines/
USA : STScI, Baltimore	http://ines.stsci.edu/ines/

Notes: http: INES NH Node Link (installation completed and National Host fully operational)
*http: INES NH Institute Link (not yet operational)

ESA BR-145
ISBN 92-9092-602-3

European Space Agency
Agence spatiale européenne

Contact: ESA Publications Division
c/o ESTEC, PO Box 299, 2200 AG Noordwijk, The Netherlands
Tel (31) 71 565 3400 - Fax (31) 71 565 5433