

## Школа современной астрофизики

В.С. Бескин

PACS numbers: 01.10.Fv, 95.30. – k

В России много алмазов, но мало бриллиантов... Как хорошо известно, школьное и институтское образование в России до сих пор остается достаточно высоким. Однако на уровне аспирантуры ведущие американские и европейские университеты, в целом, заметно опережают российские. Все это в полной мере относится и к астрофизике. Российская астрофизическая школа всегда опиралась на прочный физический фундамент, и именно это принесло ей мировую известность и славу. В последнее время смещение центра тяжести исследований в сторону численного эксперимента неизбежно привело к уменьшению роли строгих аналитических результатов, в том числе и в образовательных программах. Поэтому и возникла идея организации ежегодной Школы современной астрофизики, которая должна была помочь сохранить весь огромный потенциал, накопленный за предыдущие годы. При этом основная цель Школы состояла именно в "полировке мастерства", так что она должна была собрать главным образом не студентов, а аспирантов и молодых научных сотрудников.

Организаторами Школы выступили Научный совет РАН по астрономии, Астрокосмический центр (АКЦ) ФИАНа и Отделение теоретической физики (ОТФ) им. И.Е. Тамма ФИАНа, а также кафедра проблем физики и астрофизики МФТИ. В Программный комитет, возглавляемый академиком В.Л. Гинзбургом, вошли Д.А. Варшавович, В.В. Железняков, Л.М. Зеленый, А.В. Гуревич, Н.С. Кардашев, В.В. Кочаровский, А.М. Черепашук, А.О. Барвинский, В.С. Бескин, В.А. Догель, В.Н. Лукаш, Д.И. Нагирнер, Д.Г. Яковлев. При этом имелось в виду, что основное внимание на Школе должно было быть уделено именно последовательному обсуждению сути физических процессов, лежащих в основе обсуждаемых явлений.

Первая Школа современной астрофизики проходила в июле 2005 года в г. Пущино Московской области на базе Радиоастрономической станции АКЦ ФИАН. За две недели были прочитаны четыре курса по десять лекций, соответствующие обычным семестровым курсам:

**В.С. Бескин** (ОТФ ФИАН) "Осесимметричные стационарные течения в астрофизике";

**В.А. Догель** (ОТФ ФИАН) "Кинетика космических лучей";

**В.Н. Лукаш** (АКЦ ФИАН) "Очень ранняя Вселенная";

**Д.Г. Яковлев** (ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН) "Строение нейтронных звезд".

При этом удалось собрать более 40 человек из 15 институтов десяти городов России (Москва, Санкт-Петербург, Екатеринбург, Нижний Новгород, Казань, Волгоград, Яро-

славль, Ростов-на-Дону, Специальная астрофизическая обсерватория РАН и др.). Всем участникам Школы были выданы подробные конспекты лекций по 100–200 страниц, которые при желании могли служить основой для более детальной проработки материала в дальнейшем. Лекции читались с понедельника по субботу по две лекции по 1,5 часа до и после обеда с трехчасовым перерывом на обед. Как показал опрос, такой режим работы, действительно, является оптимальным.

Особенно следует отметить фундаментальность прочитанных курсов. Фактически были охвачены основные методы теоретической физики, а именно гидродинамика (магнитная гидродинамика), кинетика и физика плазмы, общая теория относительности, атомная и ядерная физика. Тем самым, помимо астрофизических приложений, слушатели имели возможность освежить в памяти (а возможно, кто-то и впервые подробно прослушать) основания теоретической физики. В этом, на наш взгляд, состоит еще одна важнейшая роль современной астрофизики — имея практически неограниченную область применения, она позволяет поддерживать другие науки в рабочем состоянии.

С другой стороны, в лекциях были отражены и самые последние достижения как в теории, так и в наблюдениях. Это стало возможным именно потому, что все лекторы не только уже много лет активно преподают в крупнейших ВУЗах страны, но и являются ведущими специалистами в своих областях. Прежде они неоднократно участвовали в работе подобных Школ за рубежом. А вот возможность выступить с лекциями на родном языке у нас в стране для такой большой аудитории им представилась впервые.

Так, заметная часть лекций В.С. Бескина была посвящена обсуждению вопроса о механизме выделения энергии из вращающейся черной дыры, погруженной во внешнее магнитное поле. Лишь в последнее время стало ясно, что этот механизм не связан с действием сторонних сил у поверхности горизонта, как это фактически постулируется в рамках мембранной парадигмы (и как это имеет место в униполярном индукторе), а определяется действием гравитомагнитных сил за пределами горизонта событий. Возникающая при этом ЭДС и является источником электрического тока, циркулирующего в магнитосфере черной дыры, что и приводит в конечном счете к формированию потока энергии от черной дыры к бесконечности [1, 2].

В лекциях В.А. Догеля было наглядно продемонстрировано, как достижения в физике плазмы и физике частиц (теория убегающих электронов, магнитная гидродинамика, теория турбулентной плазмы) могут быть успешно применены для объяснения механизма ускорения и распространения космических лучей, природы диффузного гамма-излучения Галактики.

Лекции В.Н. Лукаша, посвященные, в основном, вопросам эволюции первичных космологических возмущений и образованию крупномасштабной структуры Вселенной, также существенно опирались на последние данные по анизотропии реликтового излучения, полученные на спутнике WMAP. Вместе с результатами наблюдений вспышек сверхновых

**В.С. Бескин.** Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, 119991 Москва, Ленинский просп. 53, Российская Федерация  
Тел. (495) 132-65-95  
E-mail: beskin@lpi.ru

SNIa в далеких галактиках, указывающих на существование ускорения в расширении Вселенной, это позволило существенно ограничить параметры Стандартной модели, и, в частности, с большой точностью определить показатель спектра начальных возмущений. Как оказалось, из наблюдений с неизбежностью следует, что обычное вещество составляет лишь несколько процентов от общей массы Вселенной, а остальная часть распределена между темной материей (веществом, связанным с еще не открытыми элементарными частицами) и "темной энергией", обозначающей, фактически, нетривиальные свойства вакуума.

Наконец, в лекциях Д.Г. Яковлева был представлен подробнейший анализ всего круга вопросов, относящихся к внутреннему строению нейтронных звезд, начиная от внешней коры, которая представляет собой хотя и необычный, но все же классический кристалл, до самых внутренних сверхплотных областей, в которых могут образовываться столь экзотические формы вещества, как пионный конденсат и кварк-глюонная плазма. При этом особый акцент был сделан на возможности экспериментальной проверки предсказаний теории [3], которые стали возможными после запуска спутников Chandra и ИНТЕГРАЛ. Большое внимание было также уделено новым каналам проверки общей теории относительности, которые стали возможными после открытия в 2003 г. очень тесной двойной системы, содержащей два радиопулсара. С уверенностью можно сказать, что столь подробное изложение всего этого круга вопросов было впервые представлено для широкой аудитории в России.

С удовлетворением можно признать, что первая Школа современной астрофизики удалась. Она подтвердила как высокий уровень преподавания, так и высокий уровень слушателей (о последнем можно судить хотя бы по тому, что практически никто не пропускал лекции, а также по многочисленным вопросам участников). Удачен оказался и новый формат Школы, впервые реализованной в Пушкино. Никогда ранее на астрофизических школах в России не были представлены столь подробные лекционные курсы, позволяющие детально ознакомиться с материалом. По нашему мнению, лишь в этом случае Школа может выполнить свое основное предназначение — научить работать в новой области. Важнейшим условием успеха Школы, безусловно, было и ее полное финансирование. Спонсорами выступили Федеральное агентство по науке и инновациям, целевая программа Президиума РАН "Поддержка молодых ученых", фонды "Успехи физики" и "Династия", Российский фонд фундаментальных исследований.

Успех первой Школы позволил практически ничего не менять в ее формате при подготовке ко второй Школе, которая была успешно проведена через год, в начале июля 2006 г. На этот раз были прочитаны следующие курсы:

**А.В. Засов** (ГАИШ МГУ) "Звездообразование в галактиках";

**В.Г. Сурдин** (ГАИШ МГУ) "Межзвездная среда и рождение звезд";

**А.Д. Чернин** (ГАИШ МГУ) "Физика Вселенной";

**В.И. Шишов** (ПРАО АКЦ ФИАН) "Межзвездные мерцания радиосточников";

**Б.М. Шустов** (ИНАСАН) "Образование и ранние стадии жизни звезд"

(последние два курса по пять лекций). Как и в 2005 г., Школа собрала более 40 молодых астрофизиков, причем на этот раз трое приехали из Украины. При этом изменение тематики позволило существенно обновить состав участников — лишь десять человек участвовали в работе обеих Школ.

Как видно из приведенного списка, вторая Школа современной астрофизики была, в основном, посвящена физике межзвездной среды и рождению звезд. Но если в лекциях В.Г. Сурдина подробно излагалась история вопроса и качественно обсуждались основные физические процессы, связанные со звездообразованием [5], а лекции Б.М. Шустова были в значительной мере посвящены вопросам химической

эволюции и роли турбулентности при сжатии протозвездного облака, то А.В. Засов сконцентрировался прежде всего на деталях реализации процессов звездообразования в реальных условиях. В частности, было показано, что скорость звездообразования практически не зависит ни от морфологического типа галактики, ни от присутствия спиральных ветвей, ни от величины дисперсии скоростей. По-видимому, важнейшим фактором здесь является давление нейтрального межзвездного газа. Дополняя друг друга, эти лекции позволили широко осветить последние достижения в вопросе о звездообразовании и эволюции межзвездной среды.

Физике межзвездной среды и возможности определения ее свойств были посвящены и лекции В.И. Шишова. Однако он в первую очередь интересовался параметрами, которые могут быть определены с помощью исследования межзвездного мерцания радиосточников. В его лекциях была подробно рассмотрена процедура описания взаимодействия волнового фронта с турбулентной средой, а также детально обсуждены возможности этого метода. Была описана процедура определения спектров турбулентности межзвездного вещества. В качестве одного из самых последних достижений здесь следует указать определение размера излучающей области радиопулсаров с рекордным на сегодняшний день разрешением порядка 10 угловых наносекунд.

Что же касается лекций А.Д. Чернина, то в них был дан подробный анализ динамики эволюции Вселенной с учетом последних данных о свойствах космического вакуума [5]. В отличие от лекций В.Н. Лукаша (и учитывая возможности аудитории) это было сделано на более элементарном уровне, чем на первой Школе. Фактически в первых лекциях было показано, что качественно практически все результаты, следующие из общей теории относительности, могут быть воспроизведены и в рамках ньютоновской механики. Важнейшим элементом этих лекций был подробный анализ самых последних наблюдательных данных, указывающих на ускоренное расширение Вселенной.

Оргкомитет планирует сделать Школу современной астрофизики ежегодной. В настоящее время уже практически составлена программа на ближайшие два года. В частности, в 2007 г. планируются следующие циклы лекций:

**Г.С. Бисноватый-Коган** (ИКИ) "Аккреционные диски вокруг черных дыр";

**И.Д. Новиков** (АКЦ ФИАН) "Физика черных дыр";

**К.А. Постнов** (ГАИШ МГУ) "Физика гамма-всплесков";

**А.М. Черепашук** (ГАИШ МГУ) "Наблюдение черных дыр".

При этом предполагается, что тематика Школ будет постоянно меняться, охватывая все новые и новые области астрофизики, и, следовательно, все новых и новых слушателей. Было бы очень важно, если бы чтение лекций стимулировало также и издание фундаментальных учебных курсов, подобных [2, 4, 6]. Наконец, стоит отметить, что положительный опыт проведения Школы может быть распространен не только на другие области физики (подобная Школа по физике фундаментальных взаимодействий под эгидой фонда "Династия" успешно прошла в Протвино в августе 2006 г.), но и на другие науки. Информация о Школе доступна на странице [http://www.prao.psn.ru/conf/School\\_2006/ann1.html](http://www.prao.psn.ru/conf/School_2006/ann1.html)

## Список литературы

1. Бескин В С *УФН* **167** 689 (1997)
2. Бескин В С *Осесимметричные стационарные течения в астрофизике* (М.: Физматлит, 2006)
3. Яковлев Д Г, Левенфиш К П, Шибанов Ю А *УФН* **169** 825 (1999)
4. Сурдин В Г *Рождение звезд* (М.: Эдиториал УРСС, 2001)
5. Чернин А Д *УФН* **171** 1153 (2001)
6. Засов А В, Постнов К А *Общая астрофизика* (Фрязино: Век 2, 2006)