

IX Всероссийский семинар по радиофизике миллиметровых и субмиллиметровых волн

Пансионат «Дубки», ставший постоянным местом проведения всероссийских семинаров по радиофизике миллиметровых и субмиллиметровых волн, в очередной раз принимал на своей территории участников



этого единственного в стране научного форума по данной тематике. С 26 февраля по 1 марта 2013 года более 80 специалистов в этой области, представляющих институты РАН и университеты страны, отраслевые предприятия из Екатеринбурга, Москвы и Московской области, Нижнего Новгорода, Новосибирска, Санкт-Петербурга, Саратова, Томска, обменялись последними достижениями в этой области радиофизики.

М.Ю. Третьяков,
кандидат физ.-мат. наук,
зав. отделом микроволновой
спектроскопии:



«Наш отдел является одной из лучших научных лабораторий в мире, занимающихся молекулярной газовой спектроскопией в миллиметровом и субмиллиметровом диапазоне длин волн. В настоящее время наши работы во многом определяют существующий мировой уровень в этой области физики.

Мы занимаемся изучением молекулярных откликов газов, в том числе и атмосферных, на разных частотах спектра электромагнитного излучения. Это немного похоже на то, как мы в старину ловили какую-либо волну в радиоприемнике: повернули ручку настройки – слышим сигнал, чуть-чуть сдвинули – сигнал пропал или, наоборот, вдруг возникает какофония звуков. Приблизительно также «звучат» молекулы в смеси газов: каждая на своих частотах, иногда «громко», иногда «тихо», иногда «хором». Чтобы распутать этот клубок и понять, какие сигналы относятся к одним молекулам, а какие к другим, и создать в итоге простую и понятную картину спектра атмосферных газов, мы используем резонаторный спектрометр, созданный усилиями многих сотрудников в мастерских и лабораториях ИПФ РАН. В 1999 году на основе многолетнего опыта, накопленного в нашем отделе и в отделе физики атмосферы и микроволновой диагностики, был создан прибор, превосшедший по чувствительности все известные мировые аналоги. В качестве источника излучения в нем используется лампа обратной волны, фаза излучения ее, даже при очень быстрой перестройке частоты, строго синхронизируется по сигналу квантового стандарта частоты и времени, а в качестве чувствительного элемента используется резонатор. Качество (добротность) резонатора определяется скоростью затухания в нем колебаний поля. При заполнении резонатора поглощающим газом его добротность меняется. Наш резонатор доведен практически до совершенства, что обеспечивает высокую чувствительность спектрометра. В институте эти работы начал еще Юрий Алексеевич Дрягин, который оставил в наследство своим ученикам и последователям прекрасный прибор.

Несколько лет назад, когда стало ясно, что для дальнейшего расширения круга задач, решаемых с помощью резонаторного спектрометра, его необходимо дополнить климатической термобарокамерой, к его развитию подключился еще один отдел ИПФ РАН – отдел миллиметровой радиоастрономии. Таким образом, в приборе оказались заинтересованными сотрудники сразу трех подразделений института, и с благословения директора наш резонаторный спектрометр приобрел, пока еще неформально, статус центра коллективного пользования.

С помощью спектрометра мы в течение 10 лет с высокой точностью исследуем «звучание» атмосферных молекул. Это позволило количественно исследовать проблему «избыточного» атмосферного поглощения (которое, как сначала казалось, существует независимо от обычных атмосферных молекул) и, более того, существенно продвинуться в понимании физических механизмов, вызывающих такое поглощение. Исследования этого явления проводились еще в начале прошлого века, гипотез выдвигалось много. В НИРФИ тоже занимались этой проблемой, в том числе и профессор С.А. Жевакин, хорошо известный старшему поколению сотрудников ИПФ РАН. Он тогда первым высказал гипотезу о том, что избыточное поглощение в атмосферном водяном паре происходит за счет димеров (двойных молекул) воды. Эта гипотеза имела большой резонанс. Даже лондонская «Times» тогда сообщила, что, по мнению русских, волны в микроволновом диапазоне могут поглощаться в атмосфере димерами воды. После этого спектроскописты всего мира почти 50 лет искали димеры – и в атмосфере, и в лаборатории, в близких к атмосферным условиям, но безуспешно. И вот совсем недавно с помощью нашего

резонаторного спектрометра нам удалось «услышать» димер – наблюдать его спектр в водяном паре при комнатной температуре, который, как отпечатки пальцев, свидетельствует о присутствии в паре димеров. Это полностью подтвердило гипотезу Сергея Александровича.

Значение нашего результата прежде всего в том, что он позволит продвигаться дальше в понимании свойств воды, которая является источником жизни. Ведь свойства воды определяются той самой водородной связью, которая объединяет две молекулы H_2O в димер, т.е. димер – это простейший прототип воды. Не поняв полностью димер, человечество не поймет воду. А прикладное значение результата в том, что понимание механизмов поглощения излучения атмосферой позволит разрабатывать более точные климатические модели, включающие и предсказания погоды, и глобальные изменения климата.

Наши результаты опубликованы, они получили очень живой отклик и широкое признание мировой общественности. Об этих свежих результатах и был наш доклад на семинаре».

С.П. Белов,
старший научный сотрудник
отдела микроволновой спектроскопии:



«На этой конференции мы представили первый в России широкодиапазонный спектрометр сверхвысокого разрешения, предназначенный для исследования спектров поглощения молекул в диапазоне частот от 70 до 1000 ГГц (1 ТГц). Уникальность нашего спектрометра в том, что он при комнатной температуре исследуемого газа позволяет

получать узкие нелинейные резонансы внутри доплеровского контура вращательных линий молекул и измерять их частоты в десятки раз точнее, чем ранее. Спектрометр работает на основе метода «провала Лэмба», реализованного нами без использования высокодобротного резонатора Фабри – Перо. В отсутствие резонатора, электрически перестраиваемые источники когерентного излучения (лампы обратной волны) и приемник излучения на основе InSb-болометра на горячих электронах обеспечивают широкодиапазонность спектрометра и его высокую чувствительность.

В мире до недавнего времени было всего два спектрометра, на которых можно было проводить подобные измерения. Теперь у нас есть свой прибор, и он заметно лучше по характеристикам. Недавно, например, нам удалось обнаружить ранее неизвестное расщепление линий в молекуле метанола. Надо сказать, что эта молекула широко представлена в космических облаках, и ее спектр в последние 50 лет изучался очень активно. Когда мы стали наблюдать спектр молекулы метанола с помощью нашего спектрометра с большим, чем ранее, частотным разрешением, то обнаружили, что часть спектральных линий распалась на дублеты. Предполагалось, что это проявление сверхтонкой структуры линий, которая обусловлена наличием спинов у ядер водорода. Позже оказалось, что возможно и другое объяснение дублетов, а именно, как расщепление линий вследствие инверсионного движения. Это весьма интересная и неожиданная гипотеза. Еще недавно никто даже подумать не мог, что в такой небольшой и достаточно хорошо изученной молекуле, как молекула метанола, возможно, существует еще неоткрытое туннельное движение, на признаки которого мы натолкнулись. Конечно, чтобы проверить эту гипотезу, нам надо провести дополнительные измерения, а также организовать взаимовыгодное сотрудничество с западными учеными, у которых накоплен богатый опыт квантово-механических расчетов внутримолекулярных движений, обусловленных квантовым эффектом туннелирования через потенциальный барьер. Тем не менее, уже сейчас очевидно, что наши результаты открывают новый этап в исследовании молекулы метанола.

Наши исследования мы проводим в основном для составления эталонных радиоастрономических таблиц. Ученому-астрофизику, наблюдающему образование новых звезд в космосе, необходимо иметь лабораторные частоты спектральных линий, с которыми нужно сравнить данные своих измерений, чтобы по эффекту Доплера определить скорость и направление движения молекул в различных частях газопылевого облака. Другой областью применения наших исследований является собственно молекулярная спектроскопия.

Очень порадовали успехи наших коллег из Московского педагогического университета, которые доложили о своих быстродействующих приемниках на основе болометров, у которых это быстродействие достигает 10^{-10} с. Аналогичный параметр болометра в нашей установке 10^{-6} с. Поэтому хочу подчеркнуть, что большим достоинством конференции является не только возможность услышать о достижениях, но и договориться о дальнейшем взаимовыгодном сотрудничестве».