

ПОЧЕТНЫЙ ПРОФЕССОР МПГУ НОБЕЛЕВСКИЙ ЛАУРЕАТ У.Э. МЁРНЕР ПРИНЯЛ УЧАСТИЕ В ФЕСТИВАЛЕ НАУКА 0+

Д.И. Редчина , учащаяся 11 класса, MAOU «Лицей города Троицка»; zlustnaya@gmail.com	D.I. Redchina , Grade 11 student Municipal autonomous educational institution «Lyceum of the city of Troitsk»; zlustnaya@gmail.com
А.В. Голованова , программист, Институт спектроскопии Российской академии наук, отдел спектроскопии конденсированных сред	A.V. Golovanova , programmer, Institute for Spectroscopy of the Russian Academy of Sciences, Condensed Matter Spectroscopy Department
А.В. Наумов , д.ф.-м.н., профессор РАН, заведующий кафедрой теоретической физики им. Э.В.Шпольского, Московский педагогический государственный университет, зав. отделом спектроскопии конденсированных сред, главный научный сотрудник, Институт спектроскопии Российской академии наук	A.V. Naumov , DrSci (Physics and Mathematics), Professor of the Russian Academy of Sciences, Head of the Shpol'skii Chair of Theoretical Physics of Moscow Pedagogical State University, Head of the Condensed Matter Spectroscopy Department, Chief Researcher, Institute for Spectroscopy of the Russian Academy of Sciences;
Ключевые слова: популяризация науки, нобелевские лауреаты, нобелевская премия, фестиваль НАУКА 0+, физика, флуоресцентная спектроскопия, одиночная молекула	Keywords: Popularization of science, Nobel laureates, Nobel Prize, Festival NAUKA 0+, physics, fluorescence spectroscopy, single molecule
В данной статье представлен обзор лекции Нобелевского лауреата Уильяма Мёрнера, выступившего на всероссийском фестивале науки НАУКА 0+ с лекцией на тему «На что способна одна молекула» для привлечения внимания к современному научному прогрессу и популяризации научных знаний	This article provides an overview of the lecture by Nobel laureate William Moerner, who spoke at the All-Russian Science Festival — NAUKA 0+ with a lecture on the topic «What is one molecule capable of» to draw attention to modern scientific progress and popularize scientific knowledge

НАУКА 0+ — ежегодный всероссийский фестиваль, ориентированный на популяризацию науки среди аудитории любого возраста, на формирование диалога между обществом и учеными, демонстрацию результатов исследовательской деятельности, содействующих формированию гражданского общества и улучшению качества и уровня жизни людей. Организаторами фестиваля традиционно выступают Министерство науки и высшего образования РФ, Российская академия наук, Министерство просвещения РФ, правительство Москвы и МГУ имени М.В. Ломоносова.

Главной тематикой юбилейного 15-го фестиваля НАУКА 0+ в 2020 г. стала «Физика будущего». В Москве мероприятия фестиваля проходили в период с 9 по 11 октября и были посвящены самым современным до-

стижениям в физике и ее разнообразным междисциплинарным приложениям в медицине, биологии, энергетике, информационных технологиях, нанотехнологиях, определяющим формирование научной картины мира в ближайшем будущем. Отличительной особенностью Всероссийского фестиваля НАУКА 0+ стало активное сочетание очных и удаленных форматов работы всех участников с учетом их интересов в необычных условиях пандемии COVID-19.

«Жемчужинами» фестиваля стали лекции пяти нобелевских лауреатов: одного из авторов Стандартной модели элементарных частиц Стивена Вайнберга, кристаллографа Ады Йонат, создателя молекулярных машин Жан-Пьера Соважа, исследователя гравитационных волн Барри Бэриша, а также основателя флуоресцентной микроско-

пии Уильяма Мёрнера, являющегося профессором прикладной химии в Стэнфордском университете, обладающего званием «Почетного профессора МПГУ» и состоящего в Национальной академии наук США.

Одной из этих лекций — выступлению Уильяма Мёрнера — посвящена данная статья. Лекция была посвящена истории развития, основным принципам и современным достижениям техники флуоресцентной наноскопии — оптической микроскопии сверхвысокого пространственного разрешения, — благодаря которой стало возможным детектирование излучения отдельных молекул.



Общеизвестно, что размеры одной молекулы крайне малы, около одного нанометра, что более чем в 100 тысяч раз меньше диаметра человеческого волоса. Тридцать лет назад благодаря достижениям оптики и спектроскопии У. Мёрнеру впервые удалось увидеть отдельные молекулы. Как оказалось, эти эксперименты стали основой невероятных технологий.

Перед началом лекции профессор дал напутствие юным ученым и упомянул Эрвина Шрёдингера, одного из основателей квантовой физики, который считал, что мы никогда не увидим одну молекулу или один атом. Уже будучи Нобелевским лауреатом, в одной из своих первых лекций Уильям

Мёрнер сказал, что стоит с осторожностью относиться к высказываниям, даже если их делают выдающиеся ученые.

Изучая структуры молекул при низких температурах с индивидуальной спецификой, профессор Мёрнер со своей командой в 1989 г. обнаружил, что одиночная молекула имеет конкретные показатели поглощения света [1]. Спустя год ученый продемонстрировал возможность изучения поглощения конкретной одиночной молекулы, изучая свет, который она испускает. Данный эксперимент положил начало отдельному научному направлению.

На примере бейсбольной команды «Boston Red Sox», которая стала чемпионом в 2004 г., Уильям Мёрнер разъяснил потребность в основательном изучении молекулярной структуры веществ. Он продемонстрировал игровую статистику, где показал средний результат команды за сезон и среднее число полученных очков на одного члена команды. Если наблюдать за статистикой каждого конкретного игрока, окажется, что есть игроки, которые хорошо отбивают, а есть игроки, которые хорошо бегают. Исходя из этого, можно сказать, что игроки не одинаковые и действуют по-своему. Это и есть их сходство с молекулами.

В процессе рассказа Уильям Мёрнер ответил на один из самых часто задаваемых вопросов: для чего может понадобиться исследование одной молекулы? Ответ на этот вопрос ученый проиллюстрировал на примере пробирки с водой и зеленой лазерной указкой. Луч лазера проходит через чистую воду без препятствий. Однако если добавить в пробирку жидкость из простого оранжевого маркера и перемешать воду, она так же с виду останется прозрачной, но после повторного подключения лазерной указки станет заметна зеленая полоса лазера с незначительным желтым оттенком от маркера. Таким образом, Уильям Мёрнер провел демонстрацию флуоресцентного эффекта, который очень важен при изучении свойств конкретных молекул.

Также ученый продемонстрировал видео, на котором запечатлен так называемый эффект мерцания света. Профессор рассказал, что некоторые молекулы размером всего в один нанометр могут казаться в несколько сот нанометров больше по сравнению с клетками. Подобный эффект происходит из-за дифракции. Когда добавляется отдельная молекула, появляется интересное явление: некоторые молекулы начинают мерцать, испускать свет. Данный эффект, обнаруженный У. Мёрнером в 1997 г. [2], является одним из ключевых в микроскопии сверхвысокого разрешения.

Когда науке открываются новые грани, многое невозможно предусмотреть. Люди полагают, что эффект мерцания бесполезен, но в действительности благодаря этому эффекту можно визуализировать объекты микромира новым образом. Для иллюстрации значимости эффекта ученый показал фотографию бактериальной клетки, которая наполнена ДНК, РНК, белками и множеством органелл. Внутри нее можно заметить множество процессов в масштабах нескольких нанометров.

За данными процессами стоит наблюдать с высоким пространственным разрешением и точностью. Высокое пространственное разрешение означает способность различать разнообразные органеллы и структуры внутри клетки. Проблема состоит в том, что если пытаться сфокусировать лазер в оптическом диапазоне на клетке, то самый большой объект, который можно так наблюдать, слишком велик по сравнению с этими наноструктурами. Именно поэтому требуется сверхразрешение. В 2014 г. была присуждена Нобелевская премия за изобретение технологии — флуоресцентной микроскопии, которая позволила изучать живые клетки и процессы внутри них в реальном времени. Наградой были отмечены два метода. Первый — микроскопия на основе подавления спонтанного испускания, разработанная Штефаном Хеллем. Один лазерный пучок заставляет флуоресцирующие молекулы

светиться, второй — подавляет все излучение вокруг определенного участка размером в нанометры. Вторым методом, разработанным Э. Бетцигом и У. Мёрнером, — микроскопия одиночных молекул — основан на возможности включать и выключать флуоресцентное излучение отдельных молекул. Снимая исследуемую область много раз и накладывая полученные снимки один на другой в большое количество слоев, можно добиться нанометрового пространственного разрешения.

Для пояснения своей идеи Уильям Мёрнер провел следующую аналогию. Допустим, вы хотите увидеть дерево в ночное время суток, когда нет света. Один из способов увидеть дерево — это разместить небольших светлячков на его ветвях, а затем взять камеру и снять видео. Что мы увидим в результате съемки? Вспышки и мерцание света. То есть, если вы знаете положение светлячков, вы увидите дерево.

Профессор упомянул разработку нескольких методов генерации трехмерных изображений в сверхвысоком разрешении в своей лаборатории. В пример приводилась бактерия, поверхность которой маркировалась световыми точками, а специфические белковые структуры внутри клетки выделялись желтым и оранжевым цветом. Именно эти два цвета, создавая объем, наглядно демонстрировали слои бактерии в трехмерном изображении.

Увлекательная лекция «На что способна одна молекула?», проведенная Уильямом Мёрнером, знакомит с методом флуоресцентной микроскопии сверхвысокого разрешения. В свою очередь сверхвысокое разрешение — это большой прорыв, новая техника, новый научный метод, благодаря которому появляется возможность в десять раз увеличить степень детализации изучаемого объекта.

Что весьма интересно, У. Мёрнер в своих исследованиях «стоит на плечах» гигантов-ученых, развивавших данную область наук уже очень давно. Одним из таких «гиган-

тов» является профессор Московского педагогического государственного университета (ранее МГПИ им. В.И. Ленина) Эдуард Владимирович Шпольский. Профессор Э.В. Шпольский заведовал кафедрой теоретической физики в педагогическом институте в течение 43 лет и за это время был удостоен Государственной премии за исследование эффекта, получившего впоследствии его имя — эффект Шпольского. Для своего времени — революционное открытие. Эдуард Владимирович со своими коллегами подобрал растворители к некоторым органическим красителям таким образом, что при криогенных температурах эти органические молекулы начинали излучать свет, спектр которого представляли собой очень узкие «квазилинейчатые» линии, похожие на атомные спектры. Анализируя полученные структурированные спектры излучения, Шпольскому и его научной группе удалось «расшифровать» характеристики внутримолекулярных процессов, получить информацию о внутреннем устройстве веществ на уровне одиночных молекул. Узнать подробности этого открытия, которое можно справедливо считать фундаментом Нобелевской премии по химии 2014 г., можно от нынешнего заведующего кафедрой теоретической физики (в 2014 г., получившей имя Эдуарда Владимировича) профессора РАН Андрея Витальевича Наумова (<https://www.youtube.com/watch?v=howPnavePok> или <https://postnauka.ru/faq/45736>).

В течение 15-ти лет Всероссийский фестиваль науки НАУКА 0+ перешел из небольшого мероприятия МГУ имени М.В. Ломоносова в масштабный социальный проект в области популяризации науки среди общества. В 2019 г. его посетили около 2 млн человек по всей стране. В этом году он был проведен как удаленно, так и очно. За 5 дней фестиваль науки собрал рекордное количество участников — свыше 15 миллионов человек! Благодаря такому подходу участники проекта могли посетить виртуальные лаборатории, лекции и выставки в

любое время из любого места и на любом цифровом устройстве. НАУКА 0+ — это прекрасный двигатель развития общества. Он помогает формировать интеллект, прививать интерес к познанию мира, внушать уважение к науке с самых ранних лет. За Всероссийским фестивалем науки стоит наше будущее.

Закончить статью хотелось бы словами Уильяма Мёрнера, прозвучавшими в конце выступления: *«Нужно найти свою страсть и свое увлечение, нужно быть увлеченными наукой, нужно быть настойчивыми, четко знать, чего вы хотите, демонстрировать систематический подход, чтобы добиваться научных результатов. Не прекращайте задаваться глубинными вопросами. Истинные ученые должны воодушевлять всех в нашем обществе и задумываться над тем, как работают «вещи». Нам необходимо продвигаться за пределы обыденного знания. Вдохновляйтесь, чтобы ваши глаза всегда были открыты и замечали неожиданности»¹.*

Обзор написан в рамках темы государственного задания Московского педагогического государственного университета «Физика наноструктурированных материалов: фундаментальные исследования и приложения в материаловедении, нанотехнологиях и фотонике» при поддержке Министерства просвещения РФ (номер государственной регистрации: АААА-А20-120061890084-9).

Литература

1. Moerner W.E., Kador L. Optical detection and spectroscopy of single molecules in a solid // *Phys. Rev. Lett.* — 1989. — 62. — P. 2535–2538.
2. Dickson R.M., Cubitt A.B., Tsien R.Y., Moerner W.E. On/off blinking and switching behaviour of single molecules of green fluorescent protein // *Nature.* — 1997. — 388 (6640). — P. 355–358.
3. The Nobel Prize in Chemistry 2014. The Nobel Prize. — 2014.

¹ Ссылка на доклад У. Мёрнера <https://scientificrussia.ru/articles/na-cto-sposobna-odna-molekula>.