Алексей Стахов

Квазикристаллы Дана Шехтмана: еще одно научное открытие, основанное на «золотом сечении», удостоено Нобелевской Премии

В Стокгольме объявлен лауреат Нобелевской премии по химии 2011 года

Награда досталась израильскому ученому Даниэлю Шехтману из технологического института Хайфы. Премия присуждена за открытие квазикристаллов (1982 г.). Статью о них Шехтман впервые опубликовал еще в 1984 году.

Открытие *квазикристаллов* является революционным открытием в области химии и кристаллографии, потому что оно экспериментально показало существование кристаллических структур, в которых проявляется *икосаэдрическая* или *пентагональная симметрия,* основанная на «золотом сечении». Это опровергает законы классической кристаллографии, согласно которым пентагональная симметрия запрещена в неживой природе.

Известный физик Д. Гратиа следующим образом оценивает значение этого открытия для современной науки: *«Это понятие привело к расширению кристаллографии, вновь открытые богатства которой мы только начинаем изучать. Его значение в мире минералов можно поставить в один ряд с добавлением понятия иррациональных чисел к рациональным в математике».*

Как подчеркивает Гратиа, *«механическая прочность квазикристаллических сплавов резко возрастает; отсутствие периодичности приводит к замедлению распространения дислокаций по сравнению с обычными металлами ... Это свойство имеет большое прикладное значение: применение икосаэдрической фазы позволит получить легкие и очень прочные сплавы внедрением мелких частиц квазикристаллов в алюминиевую матрицу».* Именно поэтому к квазикристаллам в настоящее время привлечено внимание инженеров и технологов.

Кто такой Даниэль Шехтман? Шехтман родился в Тель-Авиве в 1941году, окончил Израильский технологический институт в Хайфе в 1972 году и с тех пор работает там исследователем. Ученый открыл квазикристаллы - уникальные химические конфигурации с неповторимым рисунком - в 1982году, опровергнув привычное представление о строении кристаллов.

Как подчеркивается в статье

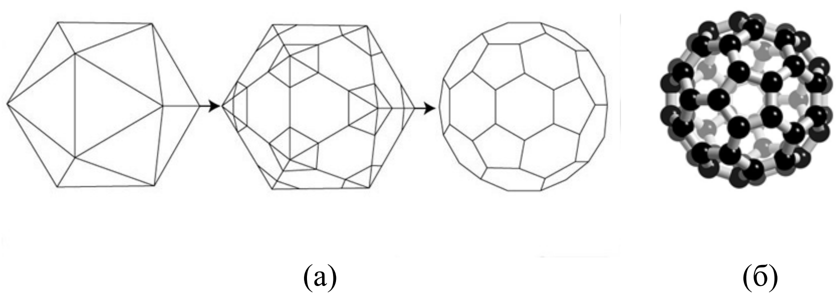
http://www.mk.ru/science/article/2011/10/05/629813-quotnobelevkuquot-po-himii-dali-za-kvazikristallyi-obnaruzhennyie-v-rossii.html

«согласно прежним химическим канонам, кристаллы всегда "упакованы" в симметричные узоры. Однако исследования Шехтмана показали, что атомы в некоторых кристаллах расположены в неповторимой конфигурации, причем расположение атомов подчиняется закону золотого сечения. Создание

материалов с квазикристалльной конфигурацией позволяет получить удивительные свойства предмета, в частности потрясающую твердость. Квазикристаллы получили свое название из-за того, что их кристаллическая решетка имеет не только периодическое строение, но и обладает осями симметрии разных порядков, существование которых ранее противоречило представлениям кристаллографов. В настоящее время существует около сотни разновидностей квазикристаллов».

Впервые о Дане Шехтмане и квазикристаллах я написал на сайте «Музей Гармонии и Золотого Сечения», созданным мною совместно с Анной Слученковой в 2001 г. http://www.goldenmuseum.com/1603QuasiCrystals_rus.html . И Шехтман оказался одним из первых, кто очень тепло отозвался о нашем Музее. Его письмо было очень кратким: ***«Алексей! Ваш сайт замечательный! Большое спасибо. Дан Шехтман».*** Но оно многого стоит, потому что получено от будущего Нобелевского Лауреата.

Кстати, эта Нобелевская Премия является не первой, выданная за научное открытие, основанное на «золотом сечении». В 1996 Нобелевская Премия в области химии была присуждена группе американских ученых за открытие «фуллеренов». Что такое «фуллерены»? Термином «фуллерены» называют замкнутые молекулы углерода типа C_{60}, C_{70}, C_{76}, C_{84}, в которых все атомы находятся на сферической или сфероидальной поверхности. Центральное место среди фуллеренов занимает молекула C_{60}, которая характеризуется наибольшей симметрией и как следствие наибольшей стабильностью. В этой молекуле, напоминающей покрышку футбольного мяча и имеющей структуру правильного усеченного икосаэдра (см. рисунок), атомы углерода располагаются на сферической поверхности в вершинах 20 правильных шестиугольников и 12 правильных пятиугольников, так что каждый шестиугольник граничит с тремя шестиугольниками и тремя пятиугольниками, а каждый пятиугольник граничит с шестиугольниками.



(а) (б)

Усеченный икосаэдр (а) и структура молекулы C_{60} (б)

Впервые они были синтезированы в 1985 учеными Робертом Керлом, Харолдом Крото, Ричардом Смолли. Фуллерены обладают необычными химическими и физическими свойствами. Так, при высоком давлении C_{60} становится твердым, как алмаз. Его молекулы образуют кристаллическую структуру, как бы состоящую из идеально гладких шаров, свободно вращающихся в гранецентрированной кубической решетке. Благодаря этому свойству углерод C_{60} можно использовать в качестве твердой смазки. Фуллерены обладают также магнитными и сверхпроводящими свойствами.

Российские ученые А.В. Елецкий и Б.М. Смирнов в своей статье «Фуллерены» отмечают, что *«фуллерены, существование которых было установлено в середине 80-х, а эффективная технология выделения которых была разработана в 1990 г., в настоящее время стали предметом интенсивных исследований десятков научных групп. За результатами этих исследований пристально наблюдают прикладные фирмы. Поскольку эта модификация углерода преподнесла ученым целый ряд сюрпризов, было бы неразумным обсуждать прогнозы и возможные последствия изучения фуллеренов в ближайшее десятилетие, но следует быть готовым к новым неожиданностям».*

С точки зрения «математики гармонии», восходящей к Пифагору, Платону и Евклиду и основанной *Платоновых телах, «золотом сечении»* и *числах Фибоначчи* (Alexey Stakhov. The Mathematics of Harmony. From Euclid to Contemporary Mathematics and Computer Science, World Scientific, 2009), эти два открытия являются официальным признанием того неоспоримого факта, что современное теоретическое естествознание переживает сложный этап перехода к новой научной парадигме, которая может быть названа **«Гармонизацией теоретического естествознания»,** то есть, к возрождению «гармонических идей Пифагора, Платона и Евклида» в современной науке. Стоит только удивляться гениальной прозорливости Пифагора, Платона и Евклида, которые свыше двух тысячелетий тому назад предсказали роль, которую *Платоновы тела* и «золотое сечение» могут сыграть в современной науке.

Но ведь подобный процесс, который может быть назван «Гармонизацией Математики», происходит и в математической науке. В области математики Нобелевские премии не присуждаются. Но в этой области с помощью чисел Фибоначчи и "золотого сечения" были решены 2 важнейшие математические проблемы, поставленные Гильбертом, в 1900 г. – 10-я и 4-я проблемы Гильберта.

10-я проблема Гильберта была решена в 1970 г. молодым советским математиком Юрием Матиясевичем. В чем суть этой проблемы?

10-я проблема Гильберта называется

Определение разрешимости Диофантового уравнения

«Задано Диофантово уравнение с некоторым числом неизвестных и рациональными целыми коэффициентами. Необходимо придумать процедуру, которая могла определить за конечное число операций - является ли уравнение разрешимым в рациональных целых числах».

Об этой проблеме и ее решении я написал на сайте «Музей Гармонии и Золотого Сечения» http://www.goldenmuseum.com/1612Hilbert_rus.html

Я не буду останавливаться на деталях. Приведу только некоторые высказывания Юрия Матиясевича, касающиеся роли *чисел Фибоначчи* и «теоремы Воробьева» в решении этой проблемы:

> ***"Мой следующий шаг состоял в том, чтобы рассмотреть широкий класс уравнений для двоичных слов дополнительными условиями. Так как конечной целью всегда была 10-я проблема Гильберта я мог бы рассматривать только такие условия, которые (при подходящем кодировании) были бы представлены Диофантовыми уравнениями. Таким путем я пришел к таким уравнениями, которые я назвал "equations in words and length" (уравнениями с ограниченными длинами серий). Приведение к таким уравнениям было основано на знаменитых числах Фибоначчи. Хорошо извкстно, что каждое натуральное число может быть представлено единственным образом как сумма различных чисел Фибоначчи, в которой нет двух соседних чисел Фибоначчи (так называемое представление Цекендорфа). Таким образом, мы можем рассматривать натуральные числа как двоичные словах с дополнительным условием, что в таких двоичных словах две 1 рядом не встречаются. Я изловчился показать, что при таком представлении чисел двоичными словами как последовательности слов, так и уравнения, равные длине двух слов, могут быть выражены Диофантовыми уравнениями".***

Любопытно, что «представление Цекендорфа», о котором упоминает Матиясевич, это не что иное, как «код Фибоначчи», который лежит в основе «арифметики Фибоначчи», разработанной мною в 1974 г. Эта арифметика лежит в основе концепции «компьютеров Фибоначчи», защищенной 65 патентами США, Японии, Англии, Франции, ФРГ, Канады и других стран.

И далее Юрий Матиясевич пишет:

«Благодаря моей предыдущей работе, я понимал важность чисел Фибоначчи для решения 10-й проблемы Гильберта. Вот почему в течение лета 1969 года я читал с огромным интересом третье расширенное издание популярной книги по числам Фибоначчи, написанной Н.Н. Ворбьевым из

Ленинграда. Кажется невероятным, что в 20-м столетии можно было найти что-то новое о числах, введенных Фибоначчи еще в 13-м столетии в связи с размножением кроликов. Однако, новое издание книги содержало, кроме традиционного материала, некоторые оригинальные результаты автора. На самом деле Воробьев получил на четверть столетия раньше, но он никогда их не публиковал. Его результаты привлекли мое внимание сразу же, но я был еще не способен использовать их непосредственно для построения Диофантовых представлений экспоненциального типа".

> ***"Мое оригинальное доказательство ... основывалось на теореме, доказанной в 1942 г. советским математиком Николаем Воробьевым, но опубликованной только в третьем расширенном издании его популярной книги.***
>
> ***... После того, как я прочитал статью Джулии Робинзон, я сразу же увидел, что теорема Воробьева может быть очень полезной. Джулия Робинзон не видела 3-го издания книги Воробьева до тех пор, пока она не получила копию от меня в 1970 г. Кто мог сказать, что бы случилось, если бы Воробьев включил свою теорему в первое издание своей книги? Возможно, что 10-я проблема Гильберта была решена на десять лет раньше!"***

В развитие вопроса Юрия Матиясевича, мы вправе поставить следующий вопрос: а что бы случилось, если бы итальянский математик Фибоначчи не открыл числа Фибоначчи в 13 в.? Возможно, 10-я проблема Гильберта вообще не была бы решена до сих пор. Конечно, теорема Воробьева, использованная Юрий Матиясевичем, является чрезвычайно важным математическим результатом, но все же главным «виновником» решения 10-й проблемы Гильберта является итальянский математик Леонардо из Пизы (по прозвищу Фибоначчи), опубликовавший в 1202 г. книгу "Liber abaci", в которой он описал знаменитую «задачу о размножении кроликов», из которой вытекают числа Фибоначчи.

Главный вывод из этих рассуждений состоит в том, что решение одной из наиболее серьезных проблем математики - 10-й проблемы Гильберта – получено с использованием *теории чисел Фибоначчи,* которая является важной составной частью «математики гармонии». И этот факт сам по себе оправдывает теоретические исследования, проводимые в рамках «математики гармонии».

А теперь перейдем к 4-й проблеме Гильберта. Эта проблема касается гиперболической геометрии и сформулирована Гильбертом следующим образом:

«Более общий вопрос, возникающий при этом, заключается в следующем: возможно ли ещё с других плодотворных точек зрения построить

геометрии, которые с таким же правом могли бы считаться ближайшими к обыкновенной евклидовой геометрии».

Эта проблема была решена Алексеем Стаховым и Самуилом Арансоном еще в 2008 г. Для этого были использованы так называемые *«металлические пропорции»* - обобщение «золотой пропорции», сделанное аргентинским математком Верой Шпигадель, *«формулы Газале»* (обощение *формул Бине*) и вытекающая отсюда *золотая фибоначчиева гониомнтрия* (Алексей Стахов).

На сайте Академии Тринитаризма была опубликована статья А.П. Стахов, С.Х. Арансон, Золотая фибоначчиевая гониометрия, преобразования Фибоначчи-Лоренца и четвертая проблема Гильберта // «Академия Тринитаризма», М., Эл № 77-6567, публ.14816, 04.06.2008
http://www.trinitas.ru/rus/doc/0232/004a/02321087.htm

Кстати, наша с Арансоном огромная статья в 3-х частях по решению этой проблемы, была опубликована в первых трех номерах Международного журнала "Applied Mathematics" за 2011 год:

A. Stakhov, S. Aranson. Hyperbolic Fibonacci and Lucas Functions, “Golden” Fibonacci Goniometry, Bodnar’s Geometry, and Hilbert’s Fourth Problem. Part I. Hyperbolic Fibonacci and Lucas Functions and “Golden” Fibonacci Goniometry. Applied Mathematics, 2011, 2 (January), 74-84

A. Stakhov, S. Aranson. Hyperbolic Fibonacci and Lucas Functions, “Golden” Fibonacci Goniometry, Bodnar’s Geometry, and Hilbert’s Fourth Problem. Part II. A New Geometric Theory of Phyllotaxis (Bodnar’s Geometry). Applied Mathematics, 2011, 2 (February), 181-188

A. Stakhov, S. Aranson. Hyperbolic Fibonacci and Lucas Functions, “Golden” Fibonacci Goniometry, Bodnar’s Geometry, and Hilbert’s Fourth Problem. Part III. An Original Solution of Hilbert’s Fourth Problem. Applied Mathematics, 2011, 2 (March).

Эти публикации являются международным признанием самого факта решения Стаховым и Арансоном 4-й проблемы Гильберта.

Какие выводы можно сделать из этих примеров? Главный вывод: **современная наука (математика, теоретическое естествознание) находится в стадии смены научной парадигмы. Идет процесс глобальной гармонизации современной науки.**

Естественно, что этот процесс неизбежно затронет и проблемы современного школьного и высшего образования. Традиционно классическая наука, а, следовательно, и классическая педагогика, относились к "золотому сечению" с некоторым предубеждением как к «эзотерическому понятию», не совместимому с «материалистическим образованием». И поэтому *«золотое сечение»* вместе с *Платоновыми телами* было выброшено на свалку сомнительных научных концепций. Но тогда туда же надо отправить и «Начала» Евклида, в которых «золотое сечение» очень широко представлено и которые, согласно «гипотезе Прокла», посвящены построению геометрической теории *Платоновых тел,* а также «квазикристаллы» вместе с «фуллеренами» и Нобелевским комитетом.

Свою статью я хотел бы закончить выдержкой из письма одного из уважаемых мною членов Международного Клуба Золотого Сечения:

"Что касается нобелиата Шехтмана, то факт этот, действительно важен не только по самой сути работы и её оценке, но и как серьёзный удар и повод задуматься над праведностью позиций критиканов и противников ЗС, а также просто скептиков и невежд в отношении роли ЗС в мироздании. Нобелевский комитет ошибался, но очень редко, и в основном не в отношении учёных, а политиков при присвоении премий мира (например, Горбачёв, а Обама - вообще стыдоба!). Так что я, как и ты и твои коллеги, очень рад этому знаковому событию в истории ЗС".