

2016

BREAKTHROUGH  
*of the* YEAR

**Наиболее значимые (прорывные)  
достижения мировой науки**

**2016**

**Science**

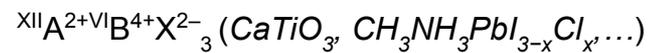
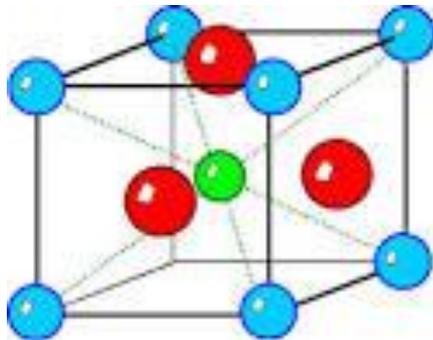
23 December 2016. Vol. 354, Issue 6319

30.01.2017

# Breakthrough of the 2013 Year



Открытие бозона Хиггса. Питер Хиггс на фоне адронного коллайдера.

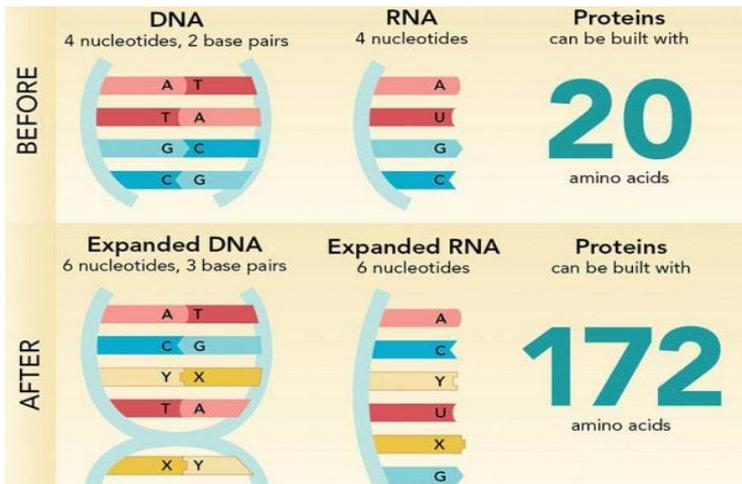


Перовскиты – новый материал солнечной энергетики

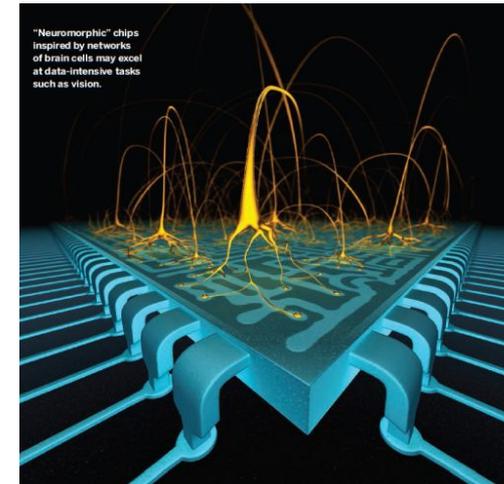
# Breakthrough of the 2014 Year



10-летняя миссия зонда Розетта к комете 67P

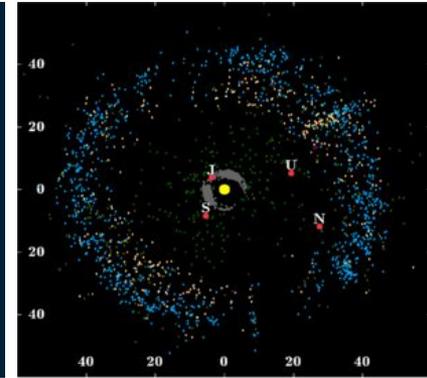
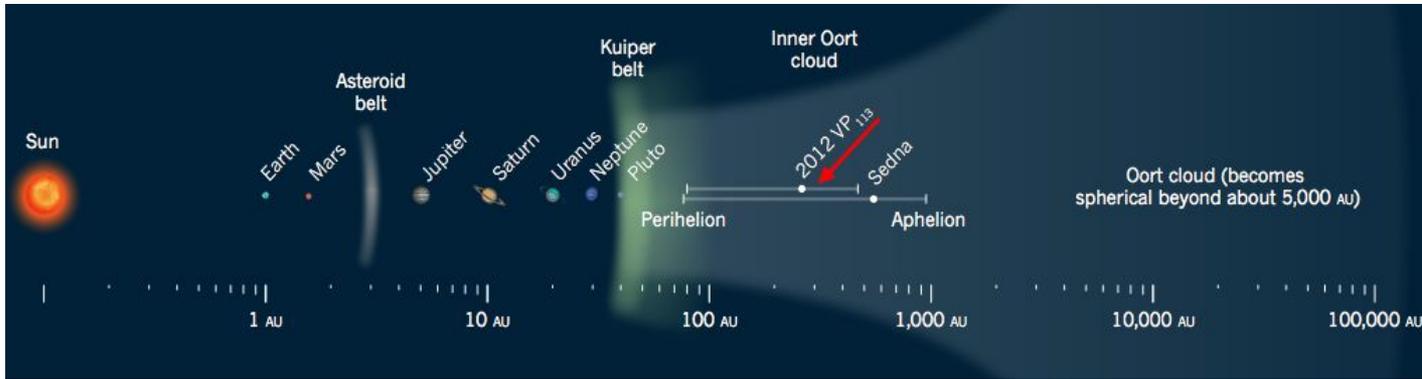


Расширенный генетический алфавит

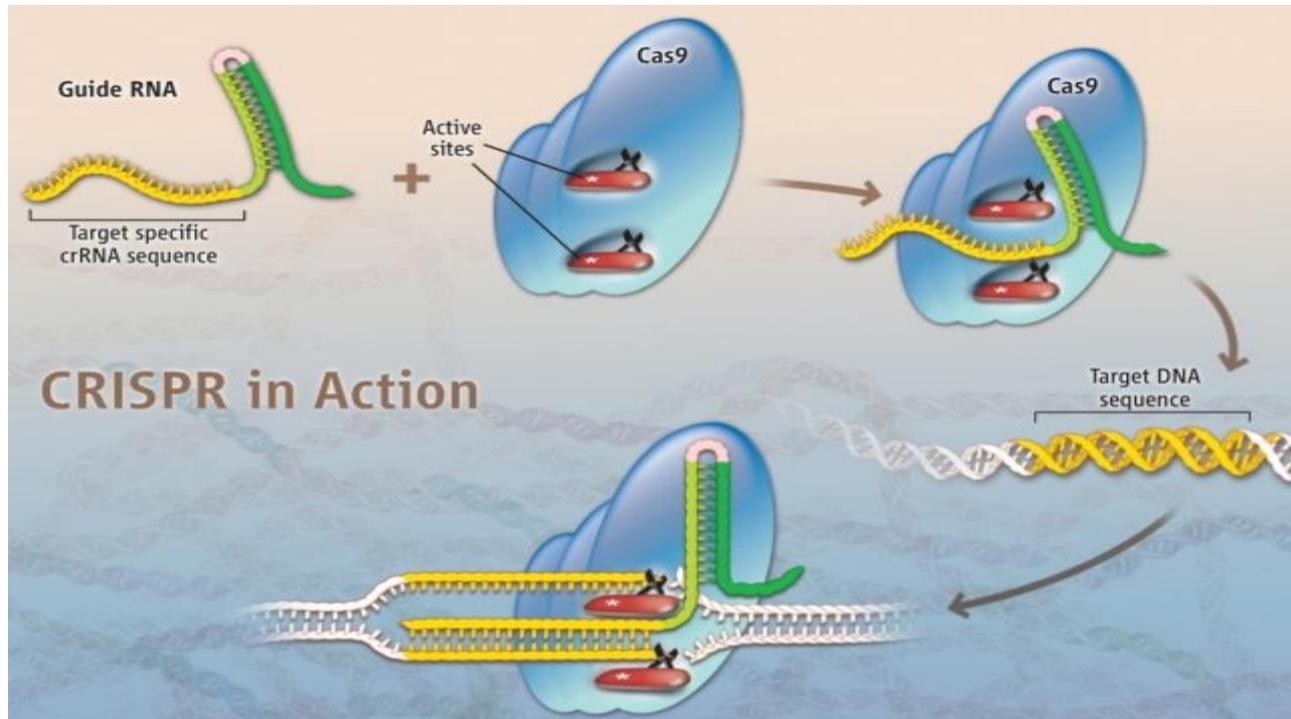


Нейроморфные чипы IBM, мимикрирующие работу мозга

# Breakthrough of the 2015 Year



## Пояс Койпера и наша планетарная система



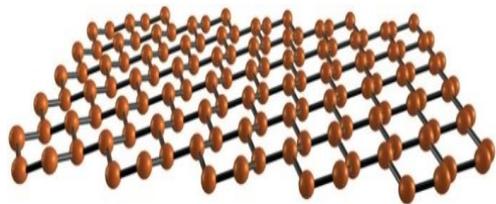
**Редактирование генома** (*CRISPR* - Clustered Regularly-Interspaced Short Palindromic Repeats)

# Breakthrough of the 2015 Year

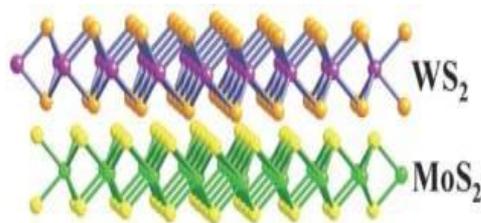


Доказательство нелокальности нашего Мира

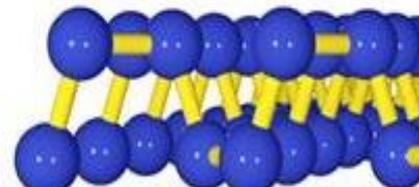
Новые двумерные материалы



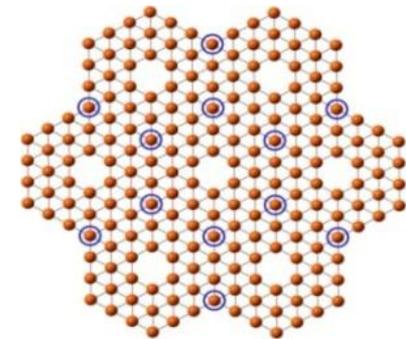
Силицен



TMDC



Фосфорен



Борофен

# Передовые области современной науки

---

Науки о жизни:

**Медицина**

**Геномика**

**Биохимия**

**Психология** **Нейронауки**

**Космос и  
строение  
солнечной системы**  
**Физические основы  
нашего Мира**

**Информационные  
и  
компьютерные  
технологии**

**Новые  
(интеллектуальные,  
динамичные,  
двумерные...)  
материалы**

# Важнейшие результаты мировой науки 2016

*“Science has named the detection of gravitational waves as the  
**Breakthrough of the Year.***

The discovery fulfilled a 100-year-old prediction by Albert Einstein and foreshadows a new way to eavesdrop on the most violent events in the cosmos.”

*Science.2016;354:1518-1523*

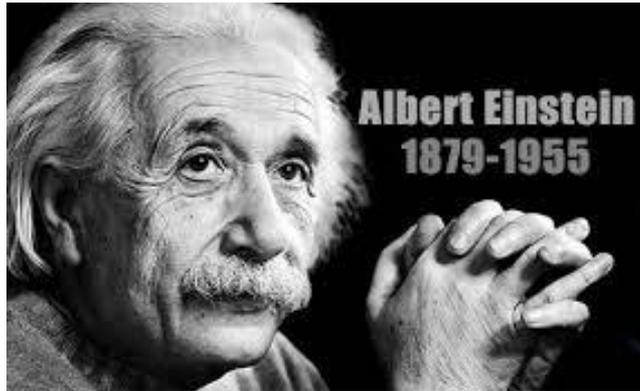
## Следующие по степени важности открытия (9 runners up)

---

1. Обнаружение планеты на орбите ближайшей к Солнцу Звезды.
2. Компьютер одержал победу над №2 мастером (9<sup>й</sup> дан) игры в Го.
3. Увеличение продолжительности жизни мыши при удалении ее пораженных клеток.
4. Демонстрация способности человекообразных обезьян понимать мысли других особей.
5. Получение группы белков, не существующих в Природе.
6. Рождение мышат из яйцеклеток, выращенных в лаборатории.
7. Доказательство одиночной волны миграции из Африки, приведшей к заселению Земли.
8. Создание нового поколения эффективных секвенаторов.
9. Создание супертонких линз, способных фокусировать видимый свет.

# Детектирование гравитационных волн при слиянии двух черных дыр главное достижение мировой науки 2016

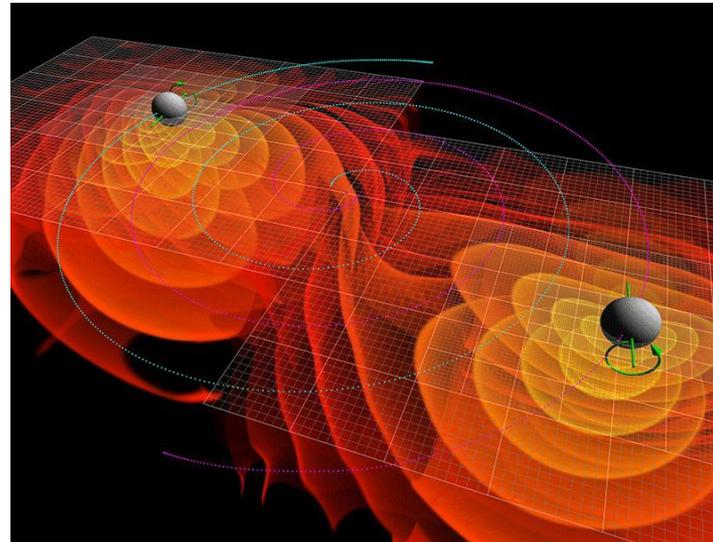
---



**1915, 1916 гг**  
**Создание общей теории относительности.**  
**Предсказание существования гравитационных волн**

---

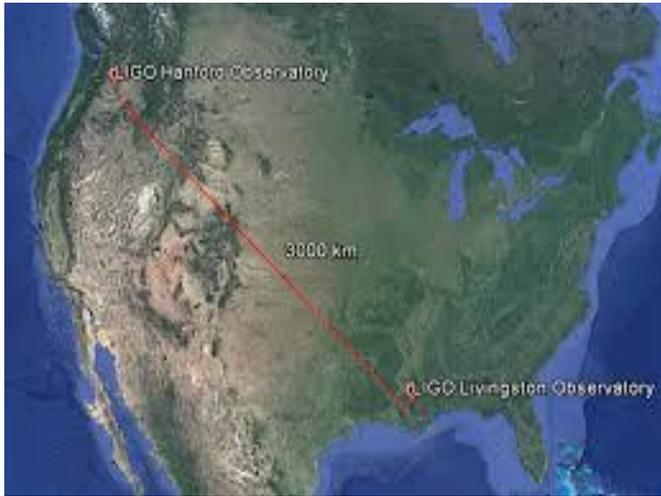
B. P. Abbott et al.\*, *PHYSICAL REVIEW LETTERS*, 12 February 2016, PRL 116, 061102 (2016)  
**“Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger”**



Численное моделирование гравитационных волн, возникающих при слиянии двух черных дыр.  
C.Henze /NASA Ames Research Center

# Проект LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory)

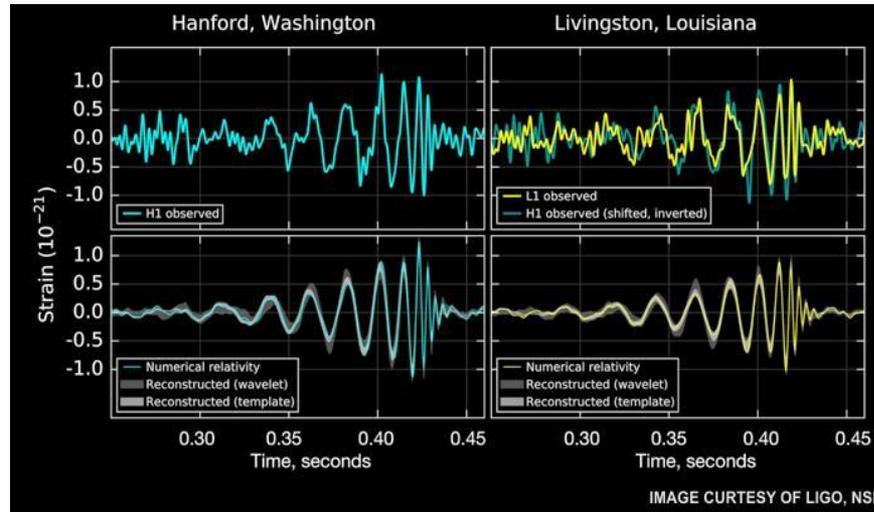
## Детектирование гравитационных волн при слиянии двух черных дыр



Обсерватория ЛИГО  
Ливингстон ( шт.Луизиана)



Рукав интерферометра  
Хэнфорд (шт. Вашингтон)



Относительное растяжение интерферометров под действием гравитационной волны

Абсолютное растяжение 4 км плеча интерферометра равно  $2,5 \times 10^{-15}$  см

## № 2. В созвездии Центавра найдена ближайшая к Земле экзo (т.е. внесолнечная) планета



GUILLEM ANGLADA-ESCUDE

G. Anglada-Escudé, e.a. (+ 25 co-authors).  
“A terrestrial planet candidate in a temperate orbit  
around Proxima Centauri “  
” *Nature* **536**, 437 (25 August 2016).

School of Physics and Astronomy, Queen Mary University of London  
(+ 14 Universities and research centers)

## № 3. Компьютер, мимикрирующий работу мозга, побеждает чемпиона игры Го



Demis Hassabis  
Google DeepMind Technologies

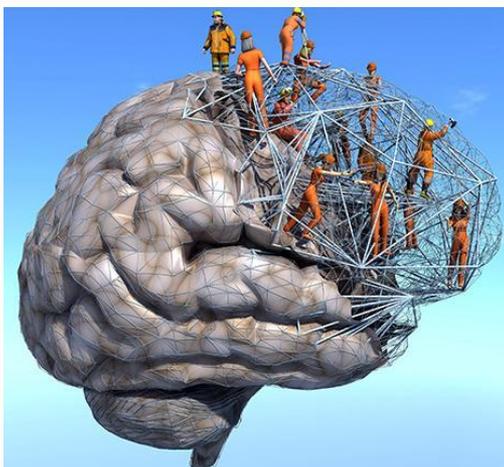


Го (19 x 19)



Lee Sedol  
№2 мирового рейтинга Го

### Развитие программ искусственного интеллекта (AI)

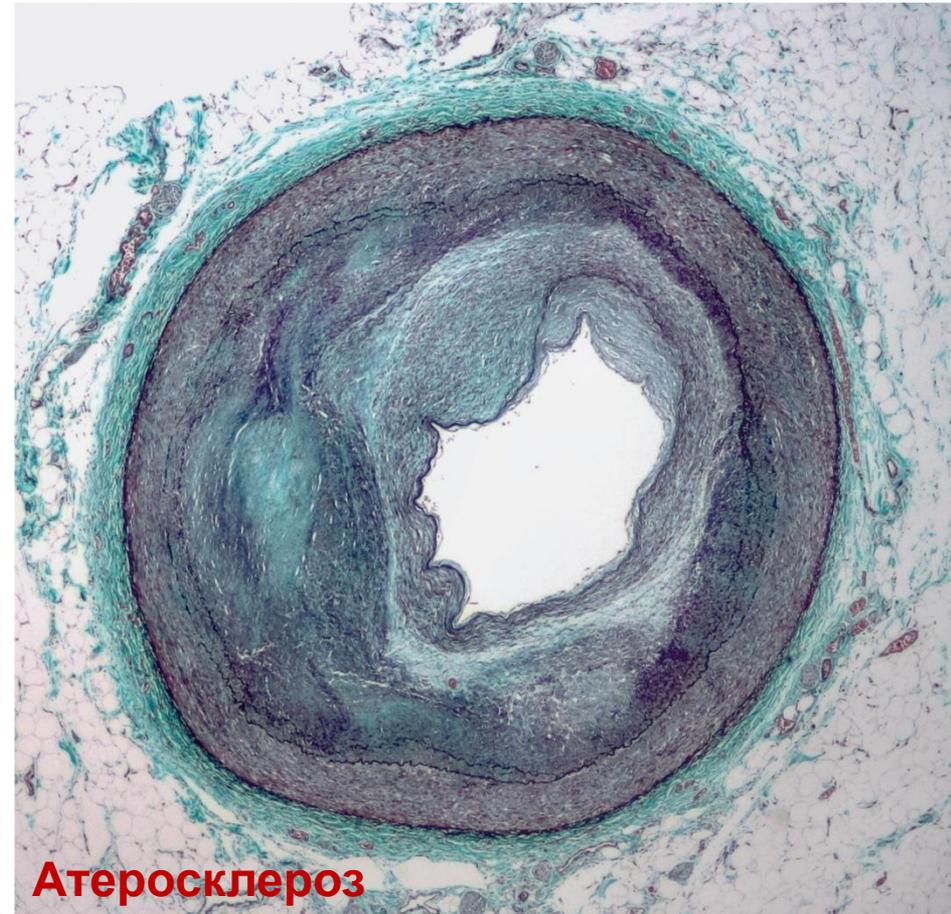


Изучение структуры и функций мозга инициировало разработку новых компьютерных алгоритмов и развитие архитектуры компьютеров и привело к созданию обучаемой компьютерной системы Deep-Q-Network (DQN), сочетающей стратегии: глубоких нейронных сетей и Q-обучения (обучения с подкреплением)

D. Hassabis, e.a. *Nature* **529**, 484–489 (28 January 2016). doi:10.1038/nature16961

D. Silver (Google Deep Mind) **Tutorial “Deep Reinforcement Learning”** [http://icml.cc/2016/tutorials/deep\\_rl\\_tutorial.pdf](http://icml.cc/2016/tutorials/deep_rl_tutorial.pdf)

## № 4. Удаление стареющих (*senescent*) клеток задерживает образование засоряющих артерии бляшек



“...senescent cells promote features of plaque instability, including elastic fiber degradation and fibrous cap thinning, by heightening metalloprotease production. Together, these results demonstrate that senescent cells are key drivers of atheroma formation and maturation and suggest that selective clearance of these cells by **senolytic agents** holds promise for the treatment of atherosclerosis.”

## № 5. Эволюция теории мышления

«Теория мышления (theory of mind) – способность атрибутировать ментальные состояния, убеждения, намерения, желания, предполагаемое знание, др.) себе и другим, понимая, что другие могут иметь отличающиеся убеждения, намерения и пр.,. *Википедия*



**Шимпанзе**



**Орангутанг**

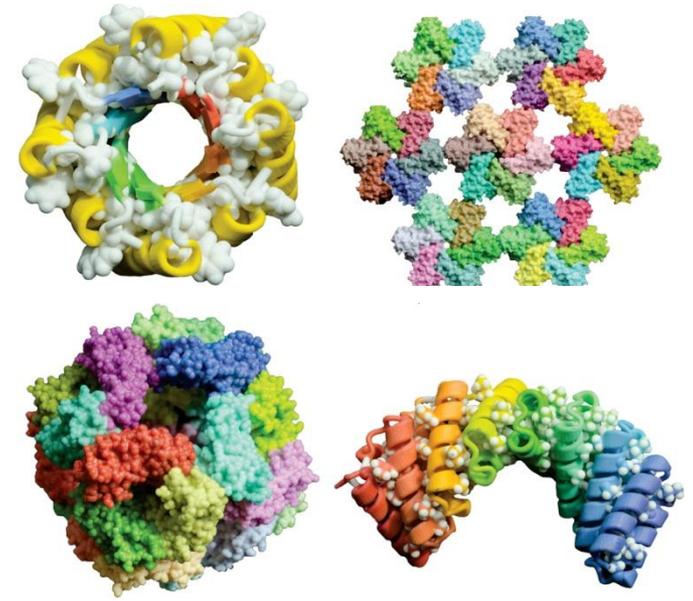
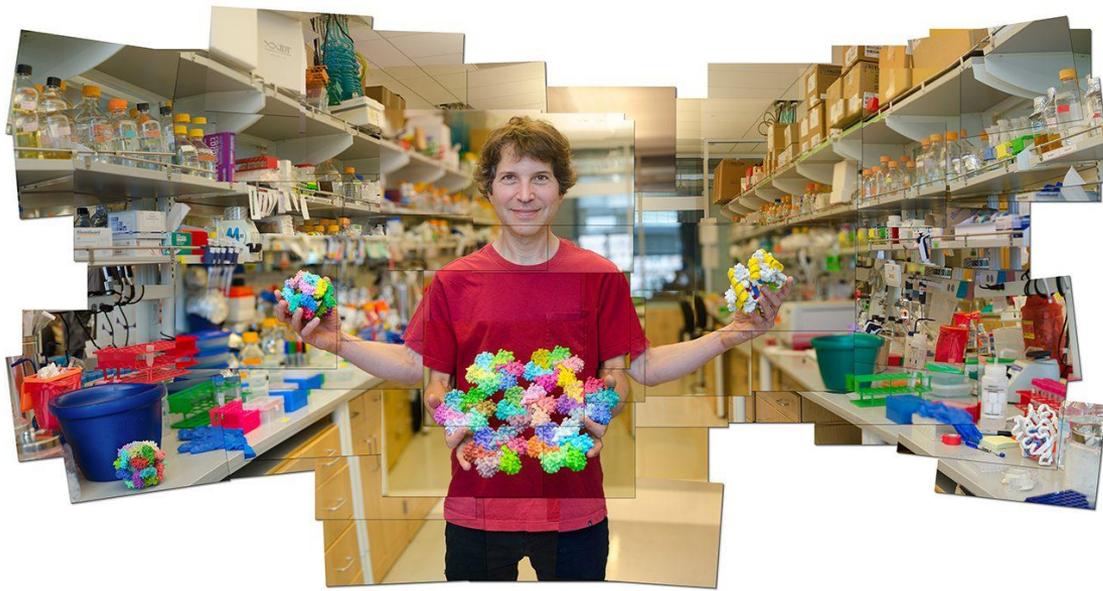


**Бонобо**

“For years, only humans were thought to have this key cognitive skill of attributing “false belief,” which is believed to underlie deception, empathy, teaching, and perhaps even language. But three species of great apes - **chimpanzees, bonobos, and orangutans** - also know when someone holds a false belief, according to a new study published today in *Science*. The groundbreaking study suggests that this skill likely can be traced back to the last common ancestor of great apes and humans.” *Science 2016;354:1518-1523*

# № 6. Компьютерное моделирование и синтез протеинов, не существующих в Природе

---

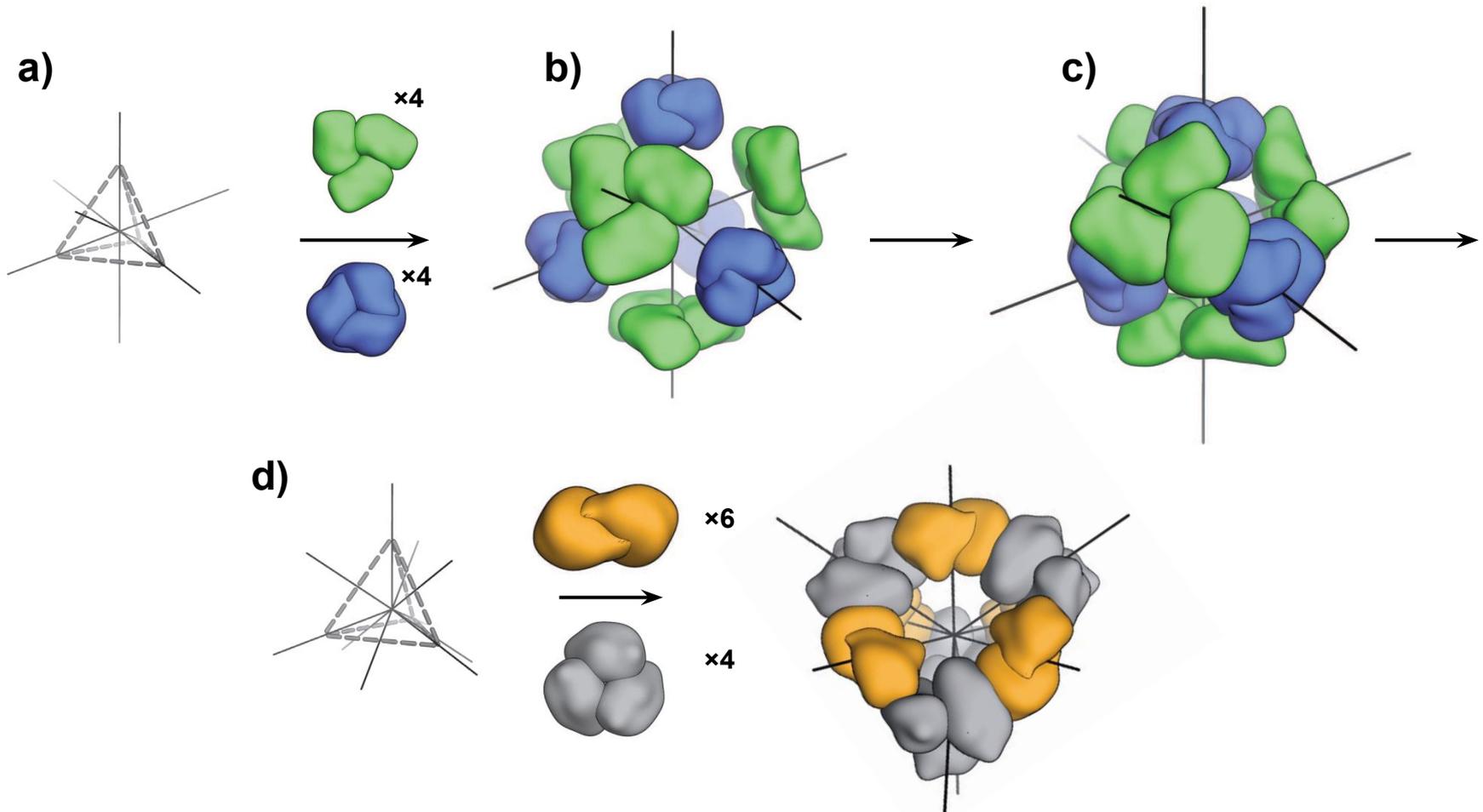


David Baker. University of Washington, Seattle, Washington, USA

**Science 2016;354:1518-1523**

**Novel proteins, built using computer programs to predict  
how their amino acid strings will fold,  
are unlike anything produced in nature**

# Схема компьютерного дизайна полиэдрических протеинов



**a:** Two distinct trimeric building blocks arranged with tetrahedral point group symmetry .

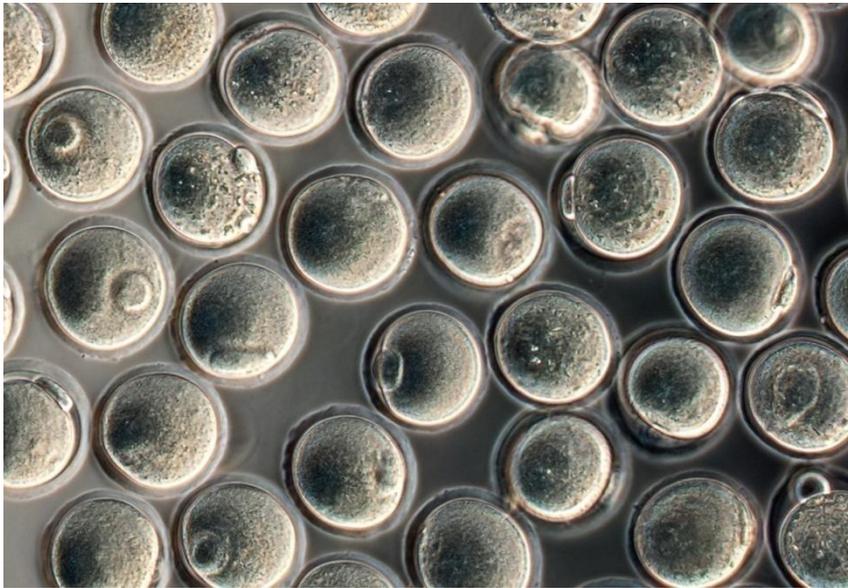
**b, c:** The docking procedure identifies large interfaces with high densities of contacting residues formed by well-anchored regions of the protein structure.

**d:** Amino acid sequences are designed at the new interface to stabilize the modelled configuration and drive co-assembly of the two components.

## №7. Рождение мышат из яйцеклеток, выращенных в лаборатории

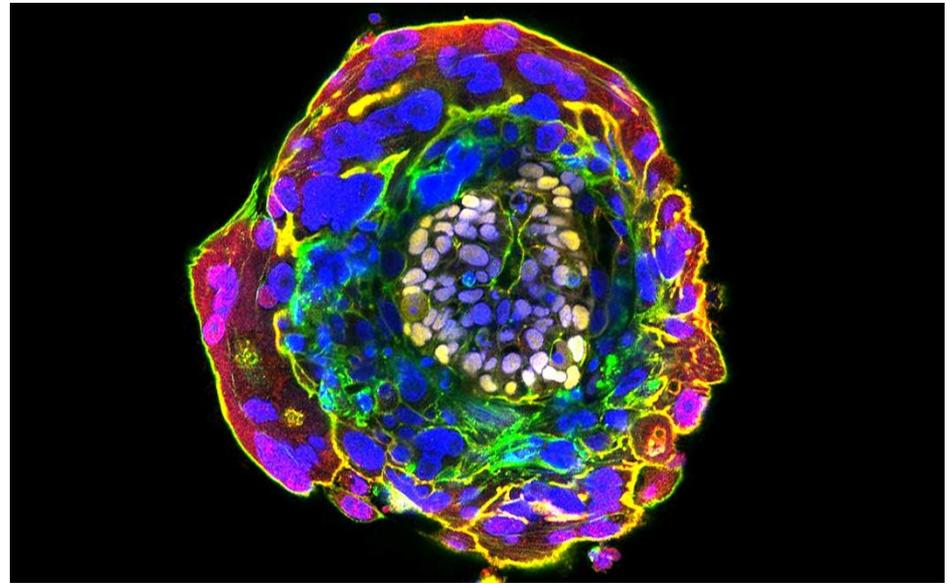
Впервые удалось превратить стволовые клетки мыши в детородные яйцеклетки, способные произвести здоровых мышат после оплодотворения и имплантирования в материнскую мышь. Если эта техника окажется применимой для людей, она революционизирует методы воспроизведения потомства.

*Science* .2016;354:1518-1523



Mouse egg cells grown in a dish from embryonic stem cells

O. Hikabe e. a. *NATURE*  
538, 7625 (20 October 2016)



Human embryos developing in a lab dish for 2 weeks, twice as long as before

M. N. Shanbazi, e.a. *NATURE CELL BIOLOGY*  
18 (4 MAY 2016)

## №8. Австралия была заселена 50 000 – 60 000 лет тому назад в результате одной миграции *homo sapiens* из Африки

Вывод сделан на основании анализа генома 83 австралийских аборигенов. Впервые митохондриальную ДНК выделили из музейного экспоната (пучка волос, взятых у австралийского аборигена сто лет назад), хранящегося в обычных условиях



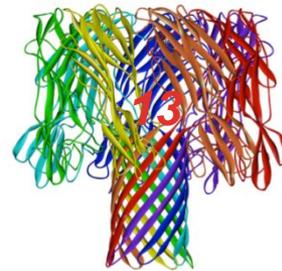
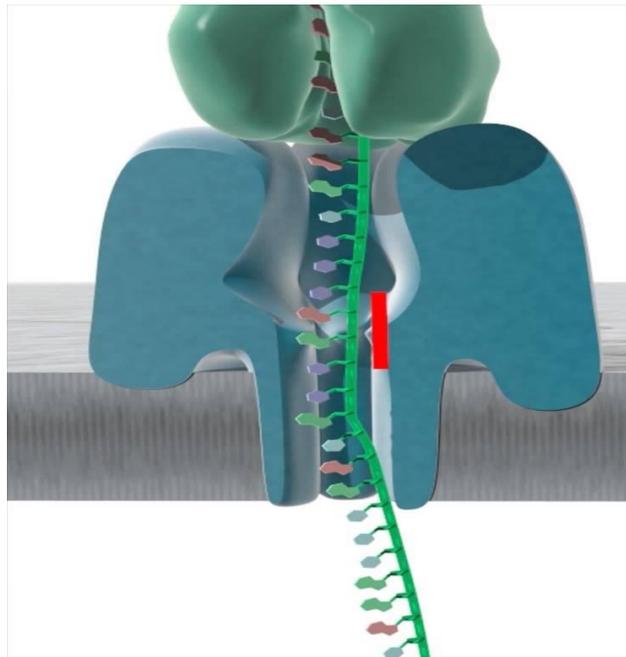
Australian Aborigines

# №9. Новая технология секвенирования ДНК и РНК

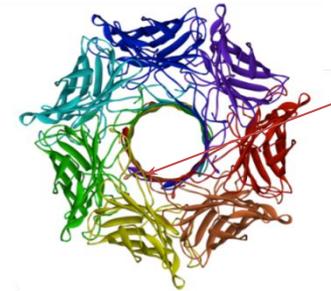


Портативный секвенатор MinION (вес 100 г)

Идентифицирован вирус Эболы и др. вирусы  
Секвенированы ДНК кишечных микробов  
Определен геном (53 миллиона оснований)  
грибкового паразита кукурузы  
Секвенирован геном человека



сбоку



1.9 Å

сверху

Alpha hemolysin (αHL)



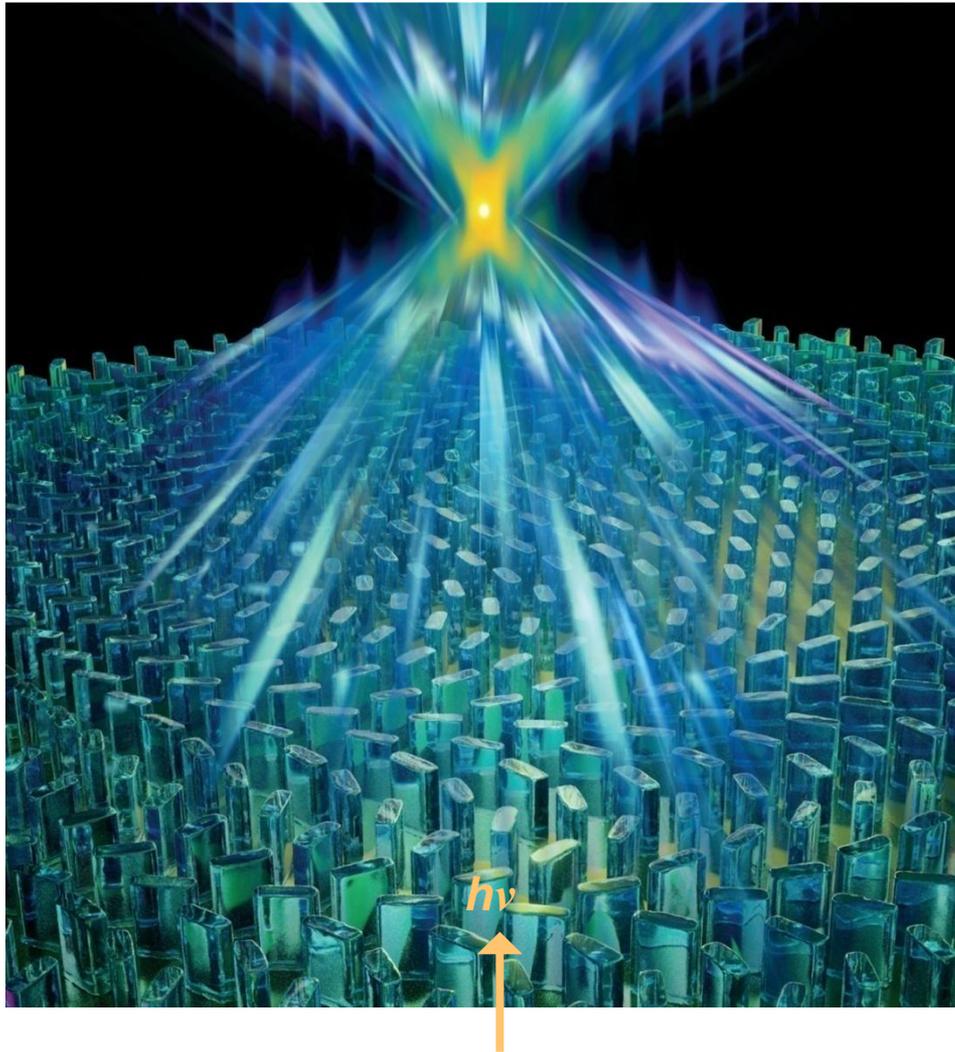
# Секвенирование ДНК в космосе



Астронавт NASA Кейт Рубинс впервые определила геном почвенных микробов в космосе на МКС при помощи портативного секвенатора MinION

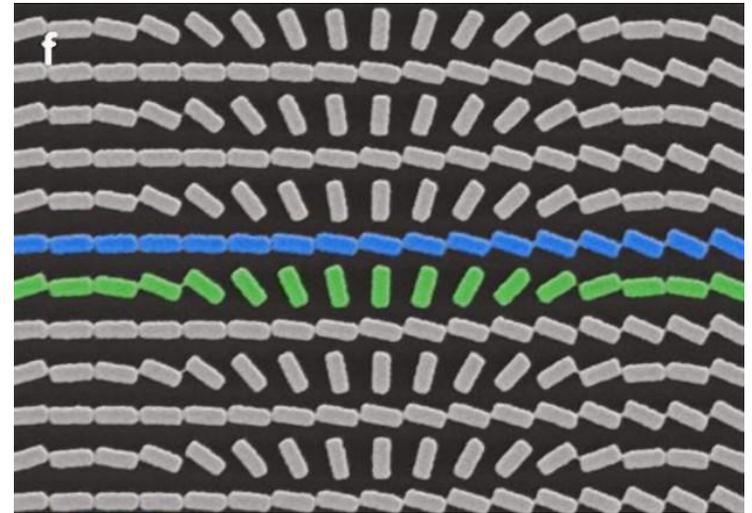
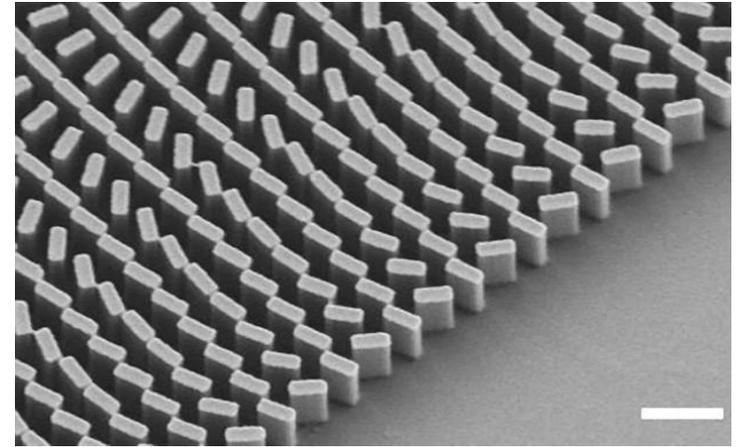
NASA press release, "[First DNA Sequencing in Space a Game Changer](#)," (29 August 2016)

# № 10. Металинзы - супертонкие линзы, фокусирующие видимый свет



Фокусирование:

405 нм – 86%, 532 нм -73%, 660 нм -66%



Металинзы из диоксида титана  $\text{TiO}_2$

Высота колонок 600 нм; NA = 0.8, Увеличение 170x

# Новые сверхтяжелые элементы таблицы Д.И. Менделеева

ИЮПАК утвердил названия для 113-го, 115-го, 117-го и 118-го элементов таблицы Менделеева, полученных в Дубне в ОИЯИ в реакциях ускоренных ионов Ca-48 с ядерными мишенями: (америций-243 — 115 элемент, берклий-249 — 117 элемент, калифорний-249 — 118 элемент)

		Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева										VII		VIII																							
		I		II		III		IV		V		VI		(H)		2		He																			
1	1	<b>H</b> водород	1											2	<b>He</b> гелий	 Периодический закон открыт Д.И. Менделеевым в 1869 г.																					
2	2	<b>Li</b> литий	3	<b>Be</b> бериллий	4	<b>B</b> бор	5	<b>C</b> углерод	6	<b>N</b> азот	7	<b>O</b> кислород	8	<b>F</b> фтор	9					<b>Ne</b> неон																	
3	3	<b>Na</b> натрий	11	<b>Mg</b> магний	12	<b>Al</b> алюминий	13	<b>Si</b> кремний	14	<b>P</b> фосфор	15	<b>S</b> сера	16	<b>Cl</b> хлор	17	<b>Ar</b> аргон	18	<b>K</b> калий	19	<b>Ca</b> кальций																	
4	4	<b>K</b> калий	19	<b>Sc</b> скандий	20	<b>Ti</b> титан	21	<b>V</b> ванадий	22	<b>Cr</b> хром	23	<b>Mn</b> марганец	24	<b>Fe</b> железо	25	<b>Co</b> кобальт	26	<b>Ni</b> никель	27	<b>Cu</b> медь	28	<b>Zn</b> цинк															
5	5	<b>Rb</b> рубидий	37	<b>Sr</b> стронций	38	<b>Y</b> иттрий	39	<b>Zr</b> цирконий	40	<b>Nb</b> ниобий	41	<b>Mo</b> молибден	42	<b>Tc</b> технеций	43	<b>Ru</b> рутений	44	<b>Rh</b> родий	45	<b>Pd</b> палладий	46	<b>Ag</b> серебро	47	<b>Cd</b> кадмий	48	<b>In</b> индий	49	<b>Sn</b> олово	50	<b>Sb</b> сурьма	51	<b>Te</b> теллур	52	<b>I</b> йод	53	<b>Xe</b> ксенон	
6	6	<b>Cs</b> цезий	55	<b>Ba</b> барий	56	<b>La*</b> лантан	57	<b>Hf</b> гафний	72	<b>Ta</b> тантал	73	<b>W</b> вольфрам	74	<b>Re</b> рений	75	<b>Os</b> осмий	76	<b>Ir</b> иридий	77	<b>Pt</b> платина	78	<b>Au</b> золото	79	<b>Hg</b> ртуть	80	<b>Tl</b> таллий	81	<b>Pb</b> свинец	82	<b>Bi</b> висмут	83	<b>Po</b> полоний	84	<b>At</b> астат	85	<b>Rn</b> радон	
7	7	<b>Fr</b> франций	87	<b>Ra</b> радий	88	<b>Ac**</b> актиний	89	<b>Rf</b> реферфорций	104	<b>Db</b> дубний	105	<b>Sg</b> сигборгий	106	<b>Bh</b> босний	107	<b>Hs</b> гасий	108	<b>Mt</b> майтнерий	109	<b>Ds</b> дармштадтий	110	<b>Rg</b> рогений	111	<b>Uub</b> унубий	112	<b>(Uut)</b> унитий	113	<b>(Uuq)</b> ункувадий	114	<b>(Uup)</b> унпентий	115	<b>(Uuh)</b> унгексий	116	<b>(Uus)</b> унсептий	117	<b>(Uuo)</b> уноксий	118

113 (289)  
**Nh**  
Nihonium  
[Rn]5f<sup>14</sup>6d<sup>10</sup>7s<sup>2</sup>7p<sup>6</sup>

115 (289)  
**Mc**  
Moscovium  
[Rn]5f<sup>14</sup>6d<sup>10</sup>7s<sup>2</sup>7p<sup>3</sup>

117 (294)  
**Ts**  
Tennessine  
[Rn]5f<sup>14</sup>6d<sup>10</sup>7s<sup>2</sup>7p<sup>6</sup>

118 (294)  
**Og**  
Oganesson  
[Rn]5f<sup>14</sup>6d<sup>10</sup>7s<sup>2</sup>7p<sup>6</sup>



Академик  
Юрий Цолакович Оганесян  
Родился в Ростове-на-Дону  
в 1933 г.

Karola P. J., Barber R. C., Sherrill B. M., Vardaci E., Yamazaki T.  
«Discovery of the elements with atomic numbers Z= 113, 115 and 117»  
(IUPAC Technical Report) // Pure Appl. Chem. 2016. V. 88. P. 139–153.

* Лантаноиды													
<b>Ce</b> 58 140,12 цезий	<b>Pr</b> 59 140,907 примидий	<b>Nd</b> 60 144,24 неодим	<b>Pm</b> 61 [145] прометий	<b>Sm</b> 62 150,36 самарий	<b>Eu</b> 63 151,96 европий	<b>Gd</b> 64 157,25 гадолиний	<b>Tb</b> 65 158,9254 тербий	<b>Dy</b> 66 162,50 диurioбий	<b>Ho</b> 67 164,9304 гольмий	<b>Er</b> 68 167,26 эрбий	<b>Tm</b> 69 168,9342 тулий	<b>Yb</b> 70 173,04 иттербий	<b>Lu</b> 71 174,967 лютеций
** Actinonиды													
<b>Th</b> 90 232,0381 торий	<b>Pa</b> 91 [231] протактиний	<b>U</b> 92 238,0289 уран	<b>Np</b> 93 [237] нептуний	<b>Pu</b> 94 [244] плутоний	<b>Am</b> 95 [243] америций	<b>Cm</b> 96 [247] куриций	<b>Bk</b> 97 [247] берклий	<b>Cf</b> 98 [251] калфорний	<b>Es</b> 99 [252] эйзенштейний	<b>Fm</b> 100 [257] фермий	<b>Md</b> 101 [288] менделеевий	<b>No</b> 102 [289] нобелий	<b>Lr</b> 103 [260] лоренций

Целое число в скобках – массовое число наиболее устойчивого изотопа.

# 2016 in pictures. The best science images of the year

## Nature. Vol. 540. Issue 7634

---

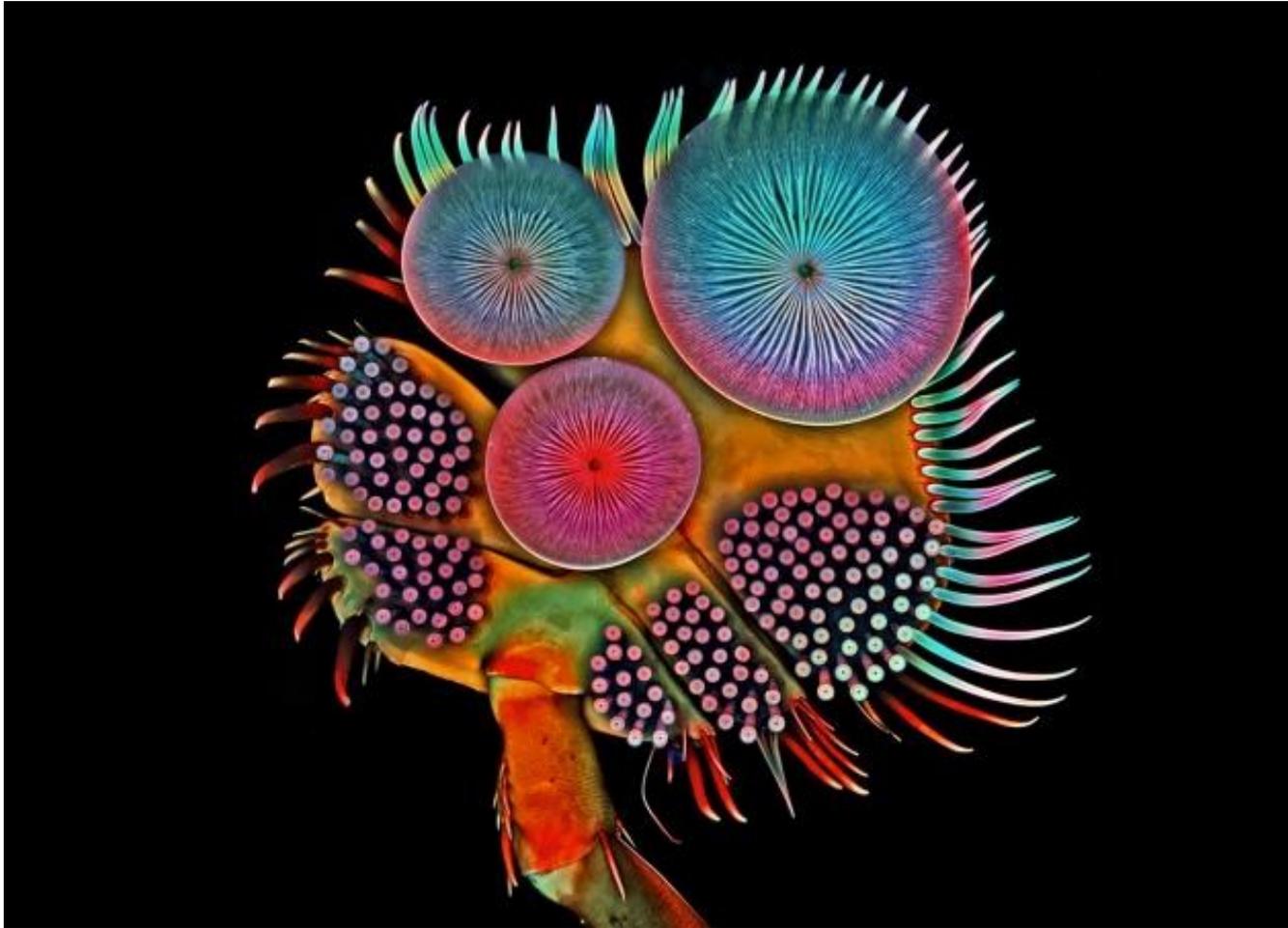


**ANCIENT IVORY.** The vast tusk of a long-dead mammoth is carried out of a forest in **Yakutia, Siberia**. Ancient ivory from mammoths has become so valuable that some prospectors now illegally ‘mine’ them from permafrost. A large tusk can be worth tens of thousands of dollars.

# 2016 in pictures. The best science images of the year

## Nature. Vol. 540. Issue 7634

---



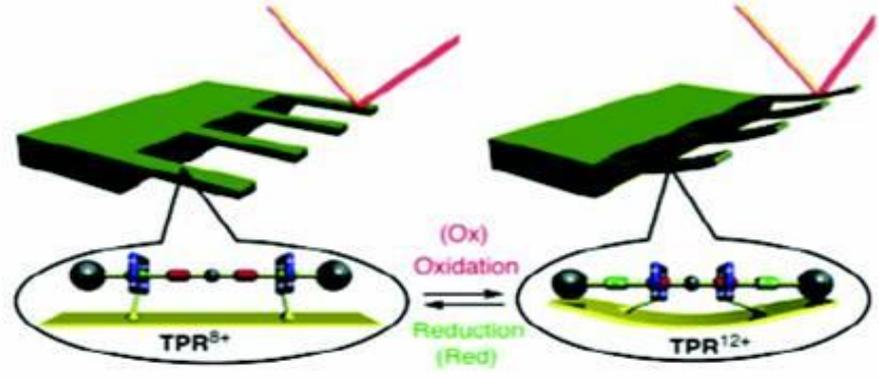
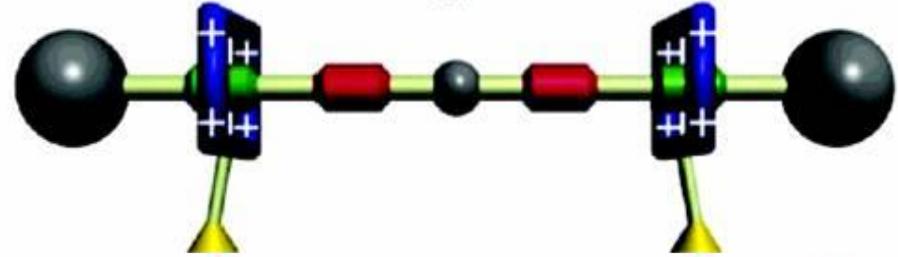
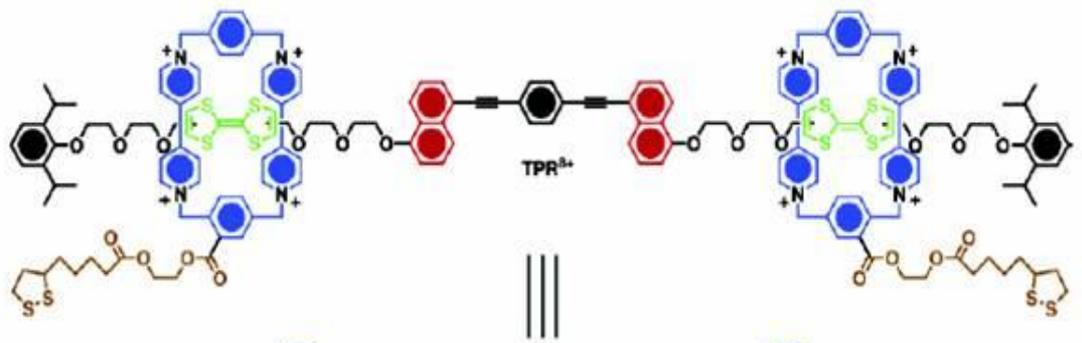
**FANTASTIC FOOT.** This spectacular tarsus - the lowermost segment of an insect leg is roughly 2 millimetres in diameter and belongs to a male diving beetle, which uses it to attach to a female's back during mating

С НАСТУПАЮЩИМ

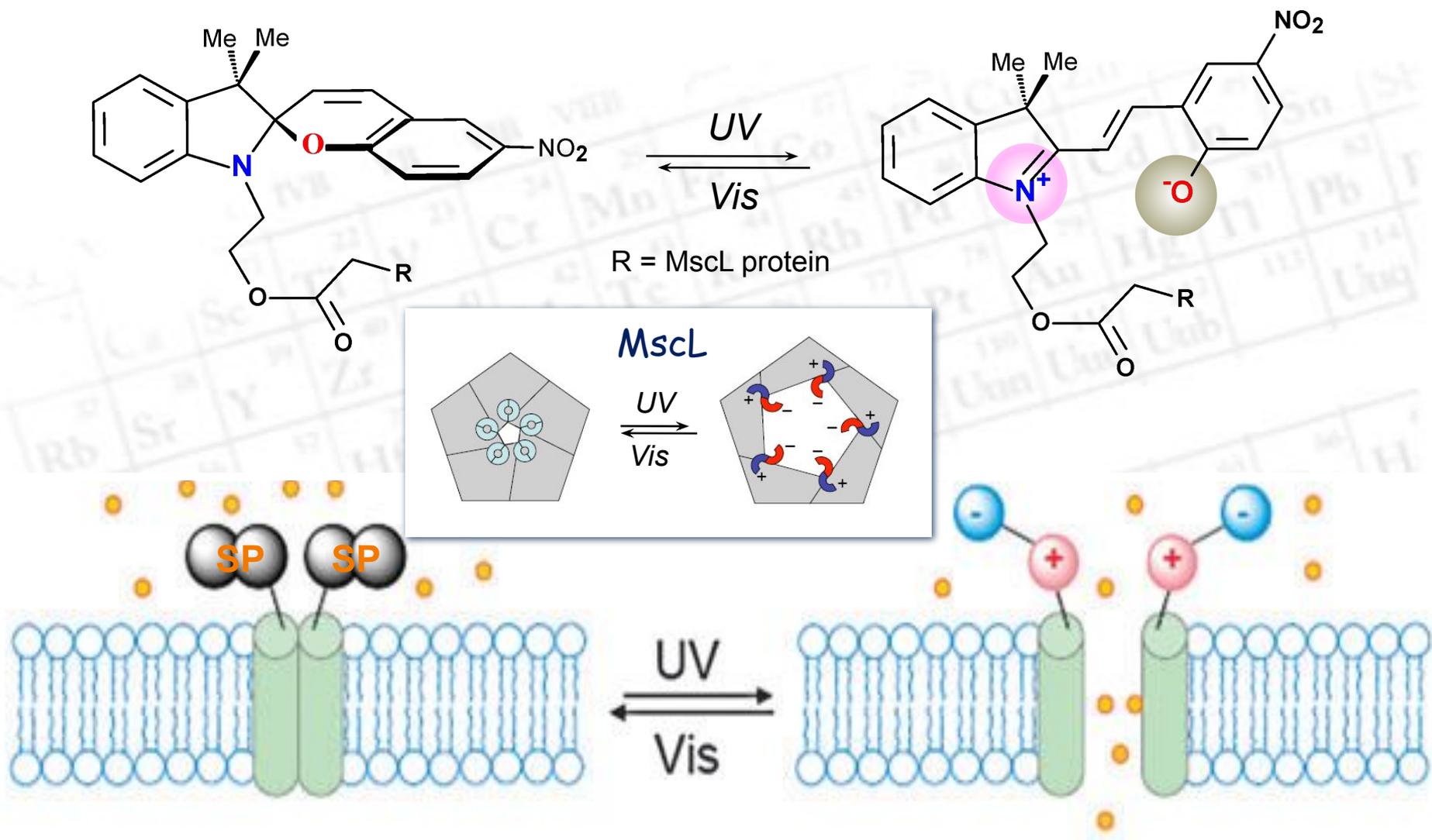


**8 ФЕВРАЛЯ**

**ДНЕМ РОССИЙСКОЙ НАУКИ!**



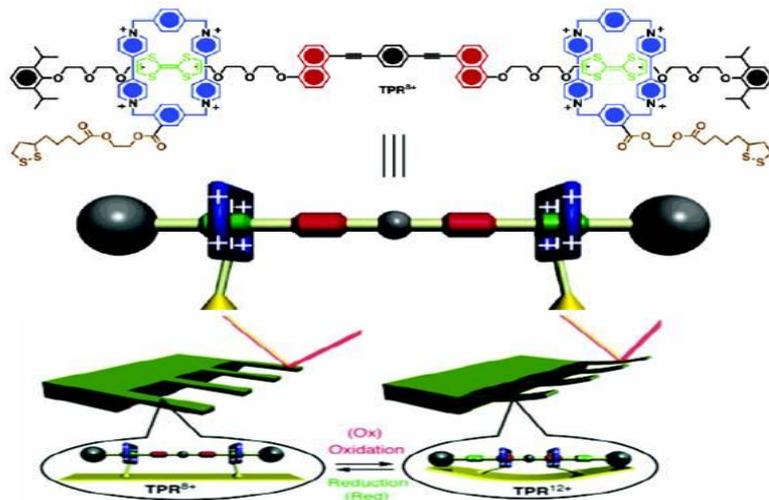
# A Light-Actuated Nanovalve Derived from a Channel Protein



# An Artificial Muscle

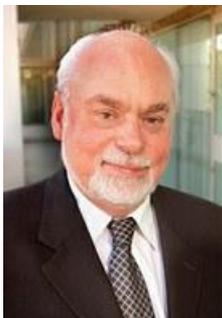
*Acc. Chem. Res.*, **2014**,  
47 (7), pp 2186–2199

J. Fraser Stoddart, et al.



*Appl. Phys. Lett.* **2004**, 85, 5391

The synthesis of the palindromic [3]rotaxane was carried out by **synthetic chemists**, **mechanical** as well as **bioengineers** carried out the fabrication of the nanoscale devices, and **industrial partners** were integral to the analysis of their function”



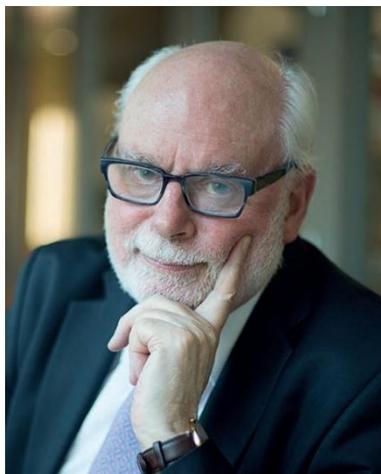
J.F. Stoddart. <http://www.stoddart/chem/ucla/edu>

2016 NOBEL PRIZE IN CHEMISTRY

Jean-Pierre Sauvage  
Sir J. Fraser Stoddart  
Bernard L. Feringa



**“for the design and synthesis  
of molecular machines”**



b.1944    1942 1951

So, 32 years after Feynman’s visionary lecture, we can still only guess at the thrilling developments ahead of us. However, we do have a definite answer to his initial question – how small can you make machinery? At least 1,000 times thinner than a strand of hair.