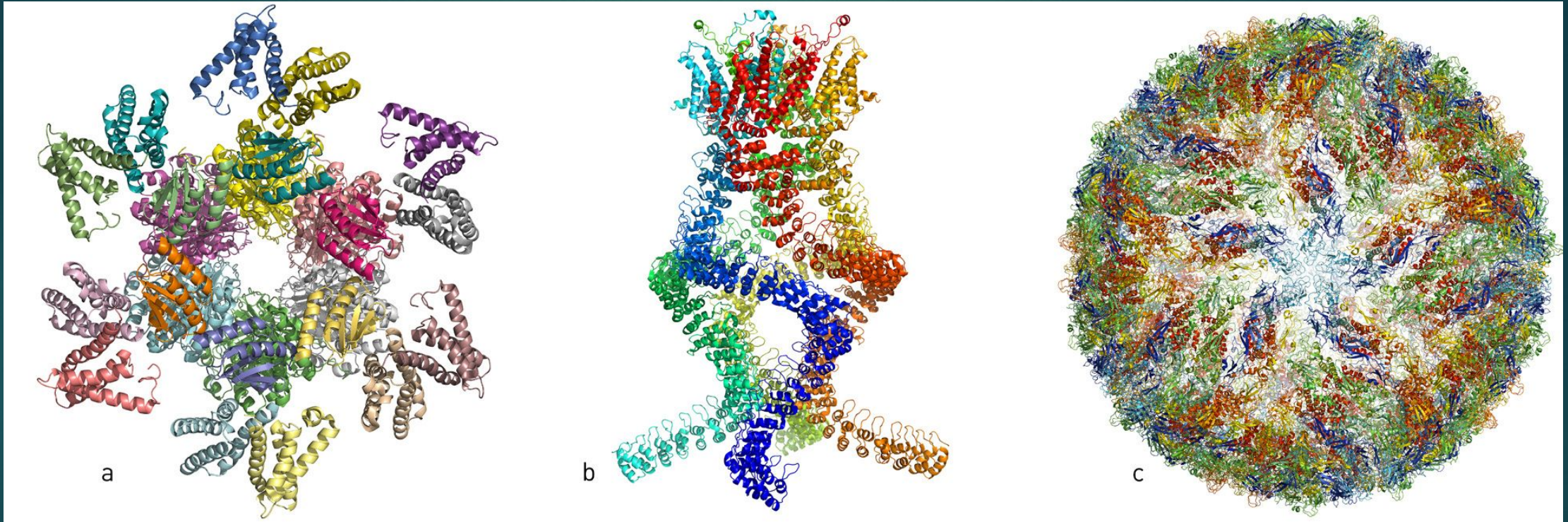


# Криоэлектронная микроскопия – Нобелевская премия 2017



АВТОР : КУТУЗОВ ЯРОСЛАВ 9-1

# «Они смогли рассмотреть жизнь на атомарном уровне»



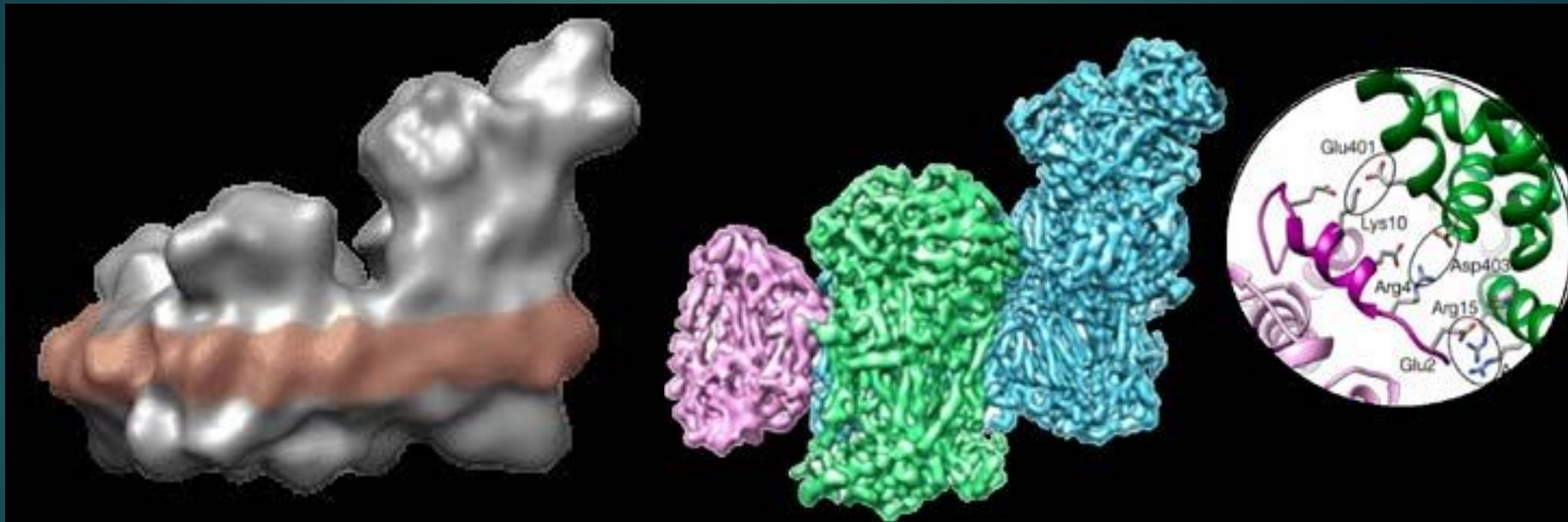
a) Белковый комплекс, управляющий циркадными ритмами

b) Сенсор давления в ухе, который позволяет нам слышать

с) Вирус Зика, который является причиной вспышки лихорадки Зика в 2015 г. в Рио-де-Жанейро

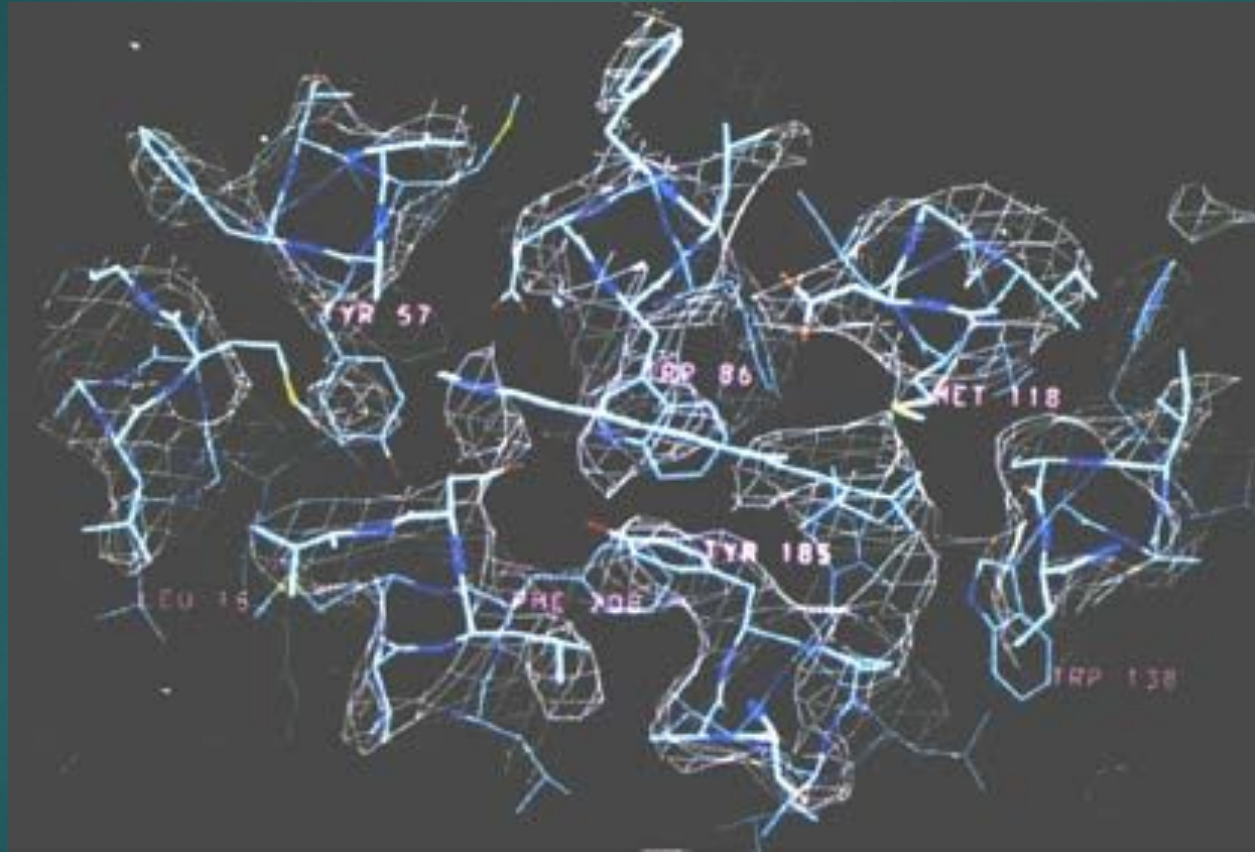


# Проблемы структурных исследований биологического материала



Модель фрагментов электрон-транспортной цепи в митохондрии:  
слева – 2011 г., разрешение 2 нм, справа – 2016 г., разрешение  $\sim 6\text{\AA}$

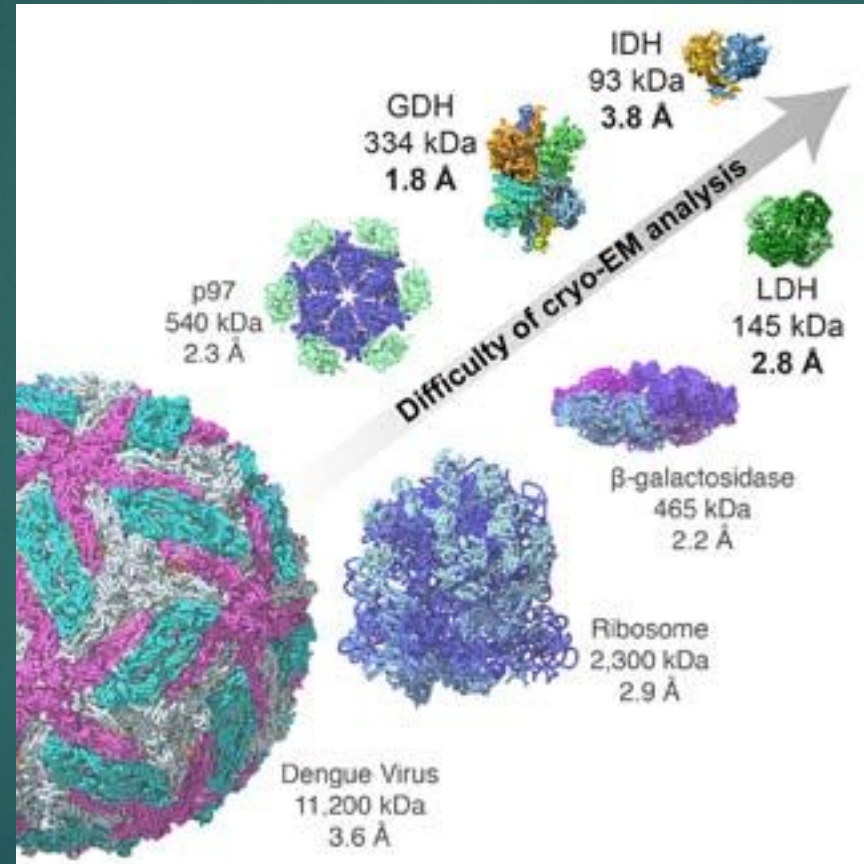
# Структуры Cryo-EM в высоком разрешении



Модель молекулы бактериородопсина, 1990 г.

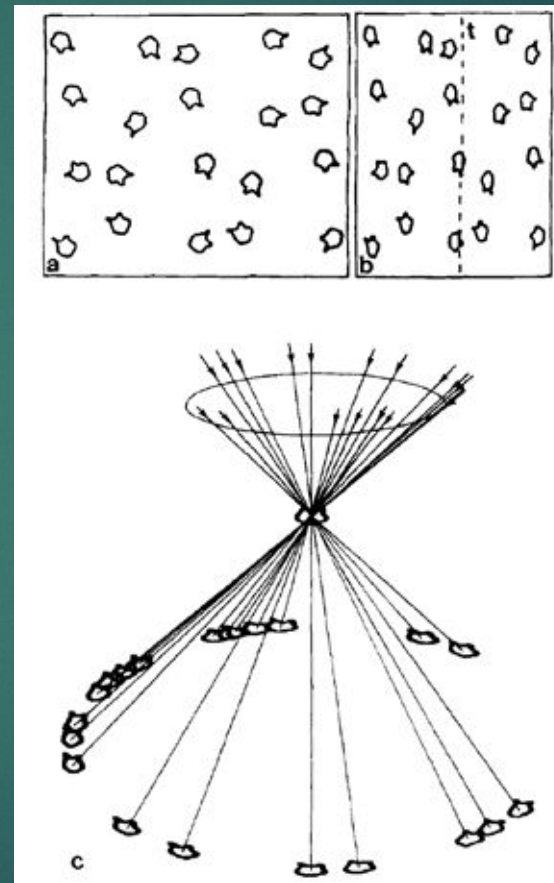
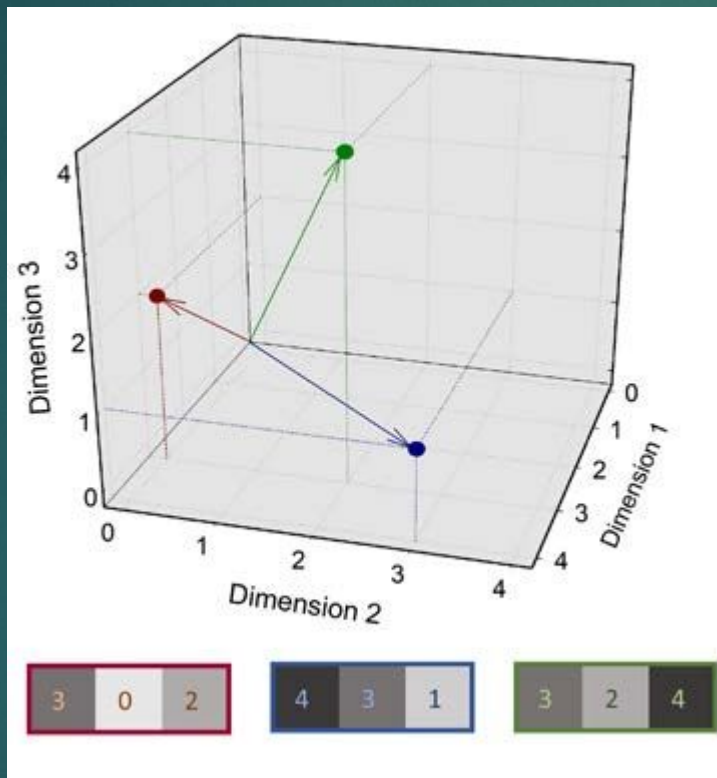


# Примеры объектов исследований способом Cryo - EM

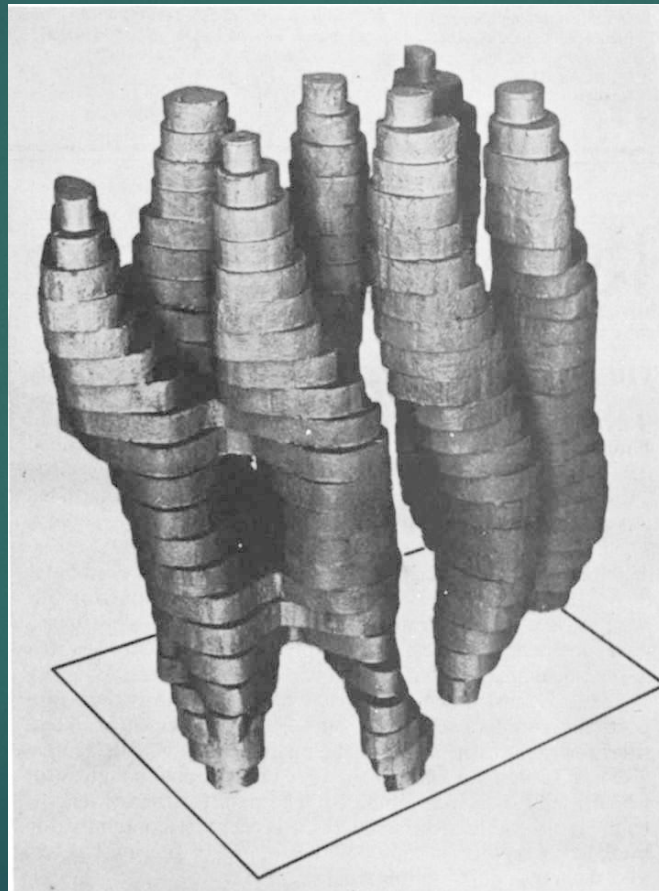


От вируса лихорадки денге до изоцитрат дегидрогеназы.

# Математические методы построения 3D-моделей



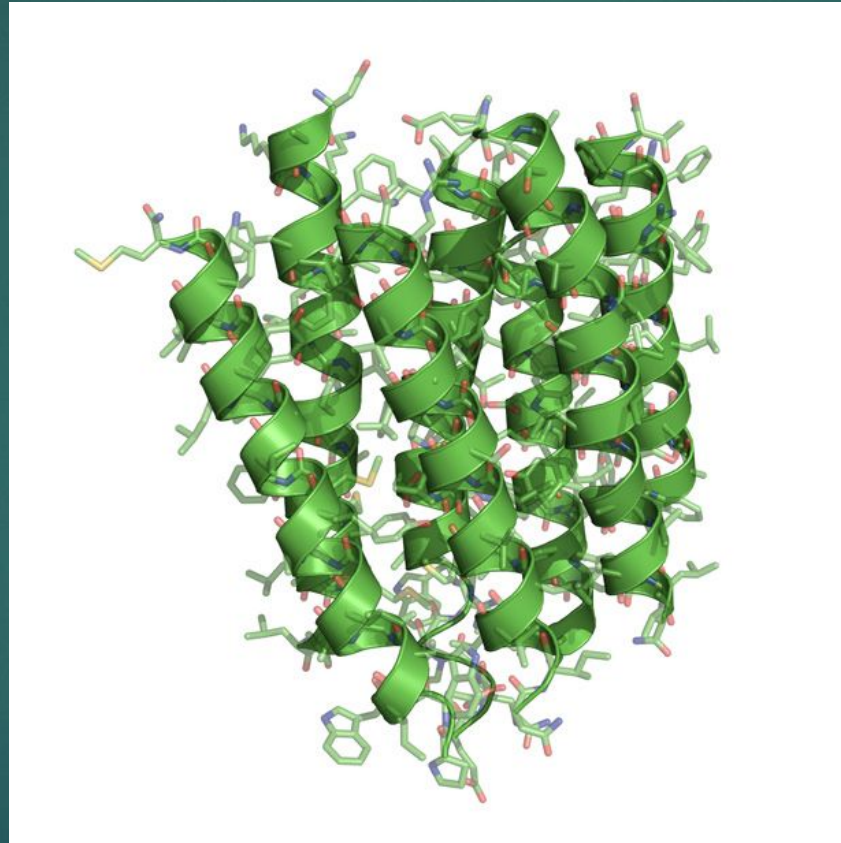
# Первая 3D- модель белка - бактериородопсина



Первое, грубое, но очень важное изображение белка в 3D, 1975 г.



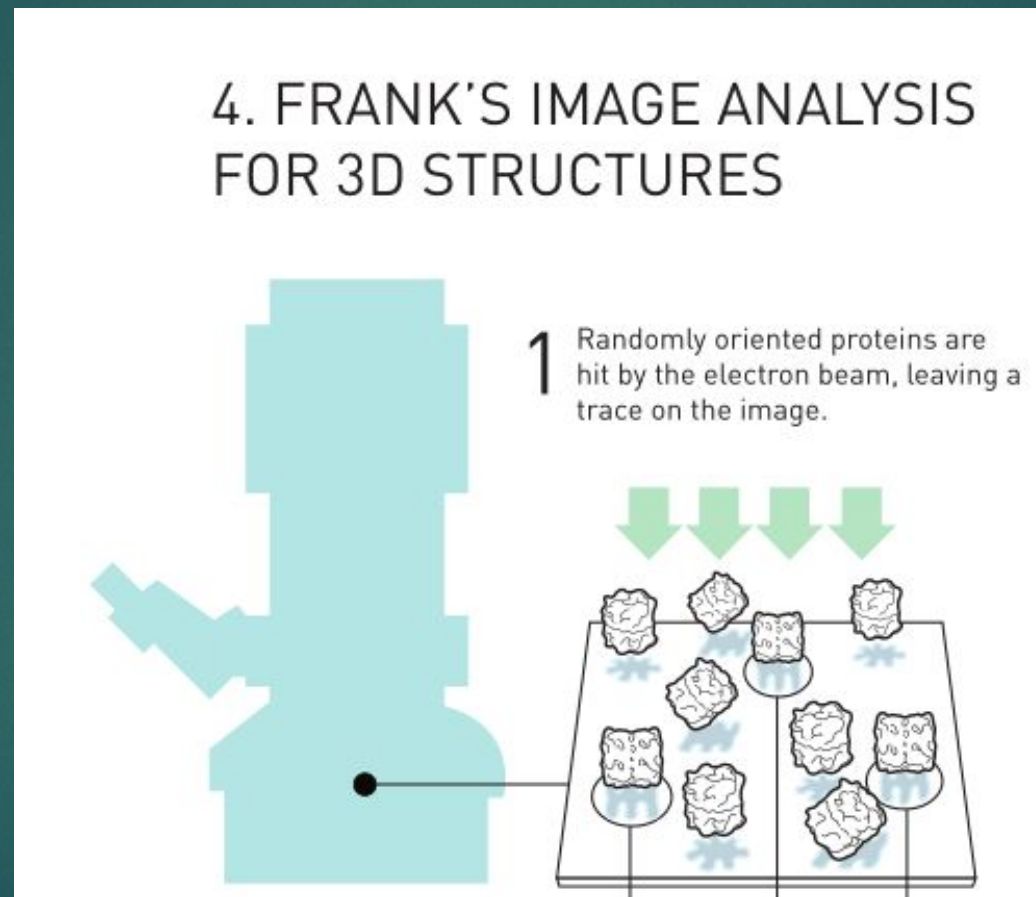
# Модель бактериородопсина в атомарном разрешении



Наконец, через 15 лет после предыдущего изображения, Хендерсону удалось добиться потрясающего разрешения! 1990 г.

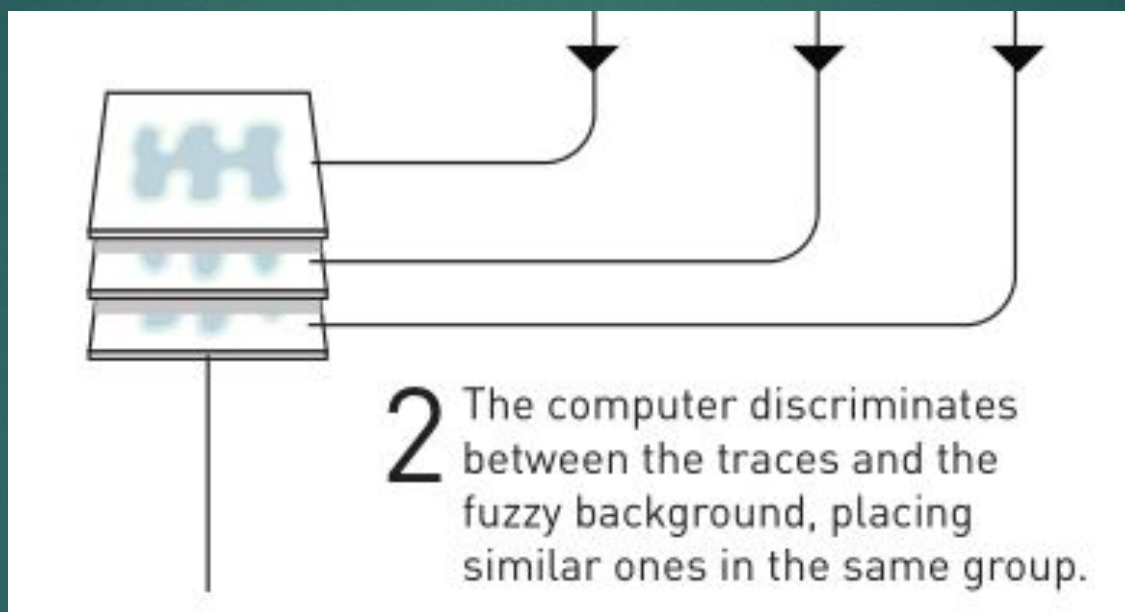


# Метод анализа случайно расположенных белков



Случайно ориентированные белки облучаются потоком электронов, которые оставляют след на изображении.

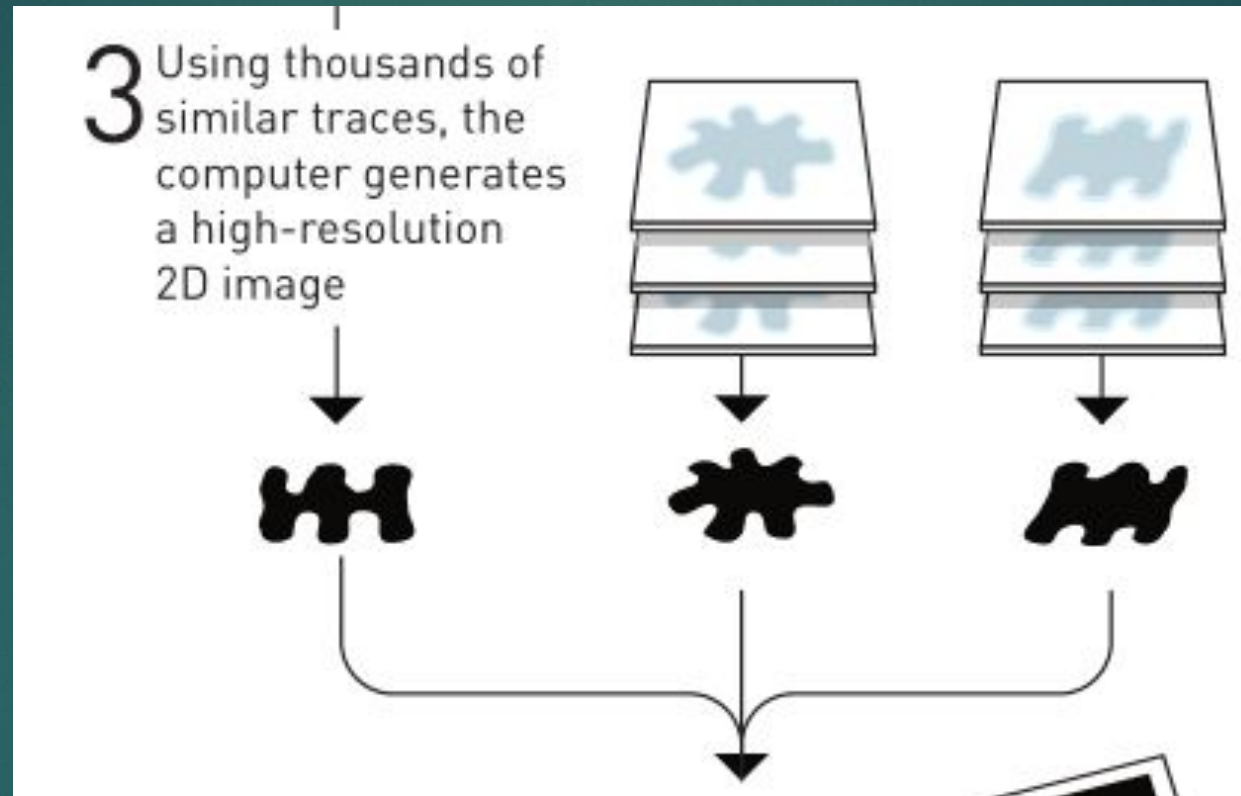
# Метод анализа случайно расположенных белков



Компьютер разделяет «отпечатки» белков и фон, а затем сортирует похожие изображения вместе.

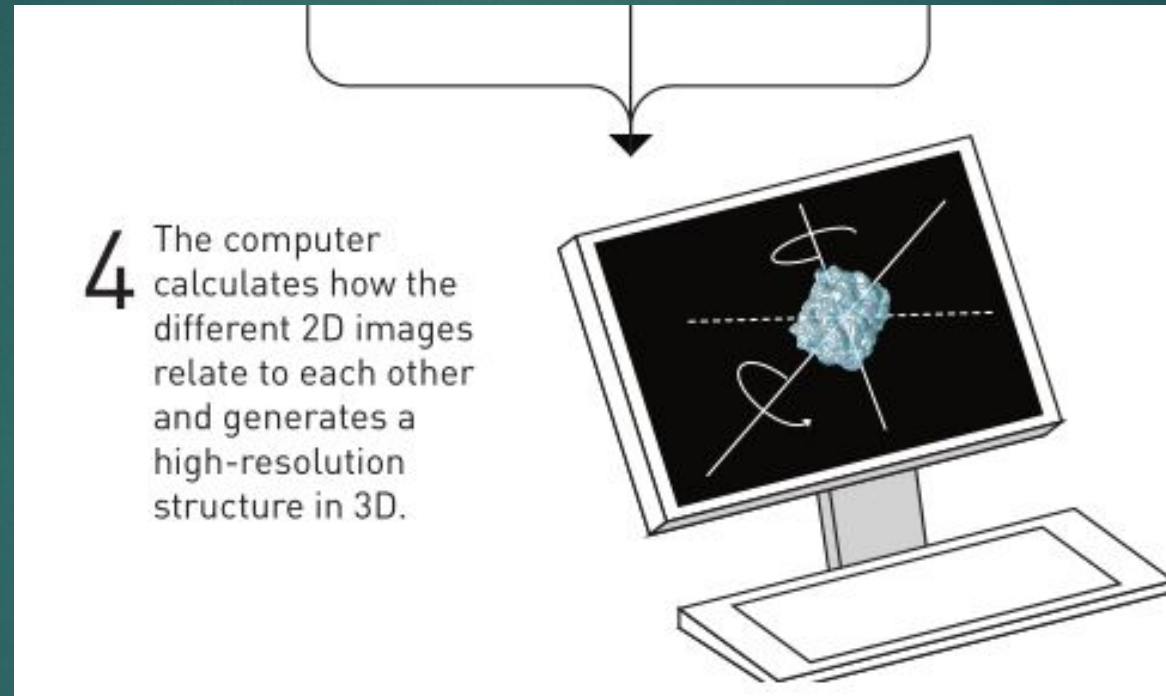


# Метод анализа случайно расположенных белков



Используя тысячи похожих «отпечатков», компьютер генерирует 2D изображения в высоком качестве.

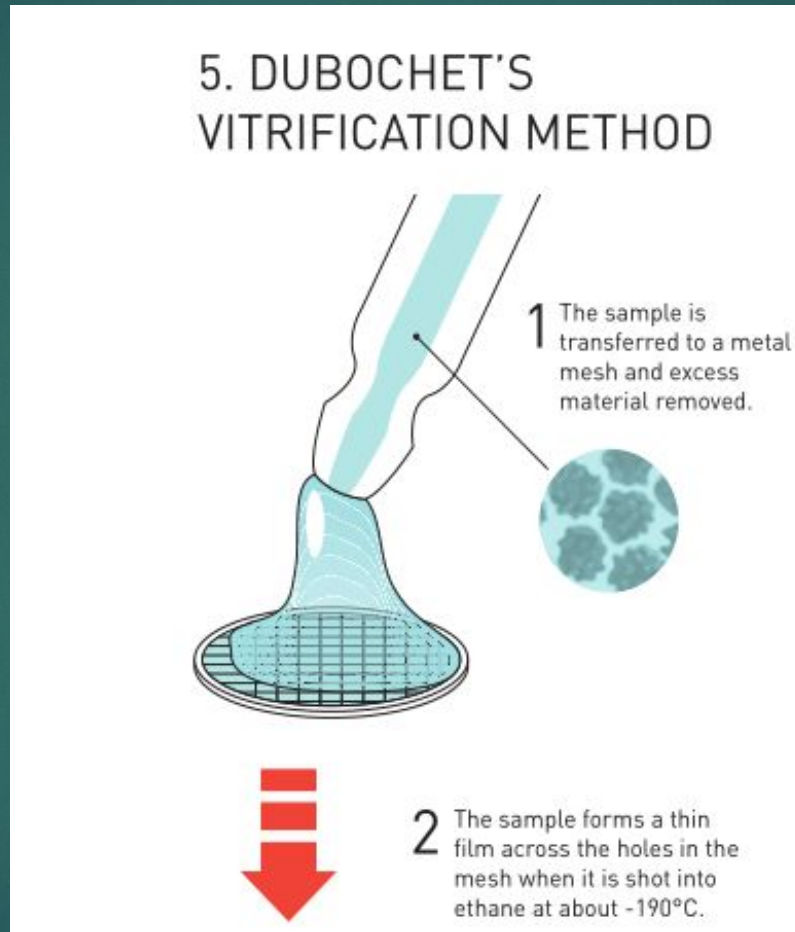
# Метод анализа случайно расположенных белков



По созданным компьютером фотографиям специальная программа воссоздает 3D структуру.

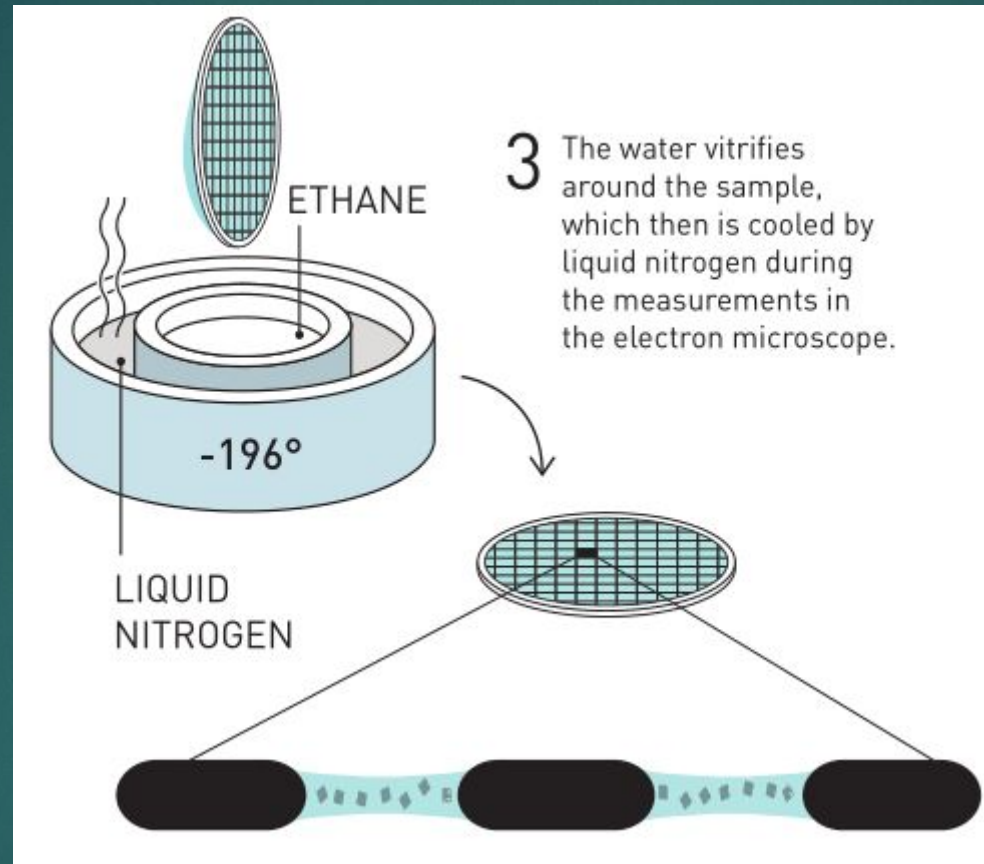


# Метод «остекловывания» Дюбоша



На металлическую сетку переносится материал, лишний материал удаляется, а образовавшиеся пленки в ячейках сетки охлаждаются этаном до  $-190^{\circ}\text{C}$ .

# Метод остекловывания Дюбоша



Вода остекловывается вокруг образца, который на протяжении исследования будет охлаждаться жидким азотом.



# УСТАНОВКИ ДЛЯ ОСТЕКЛЫВАНИЯ

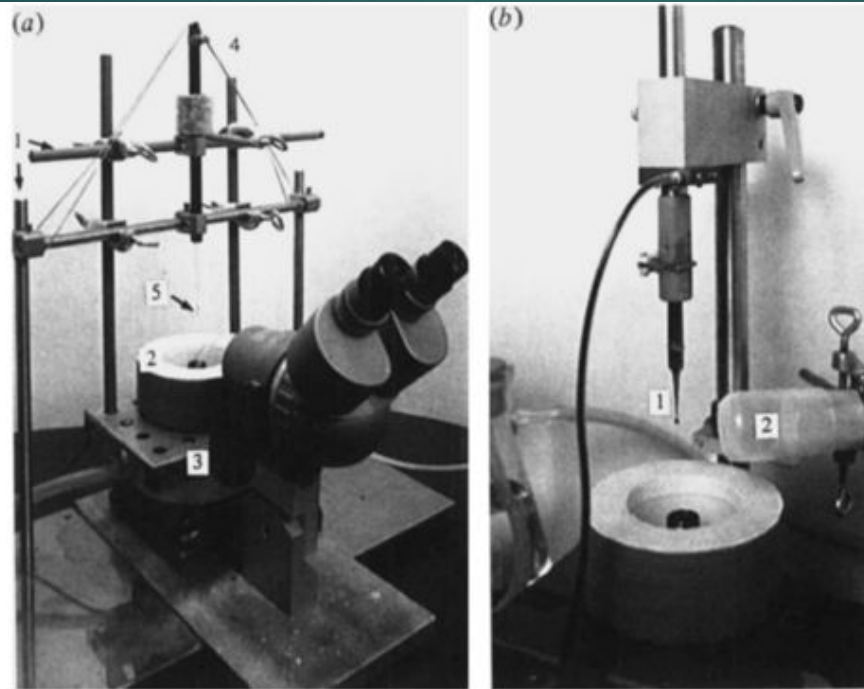
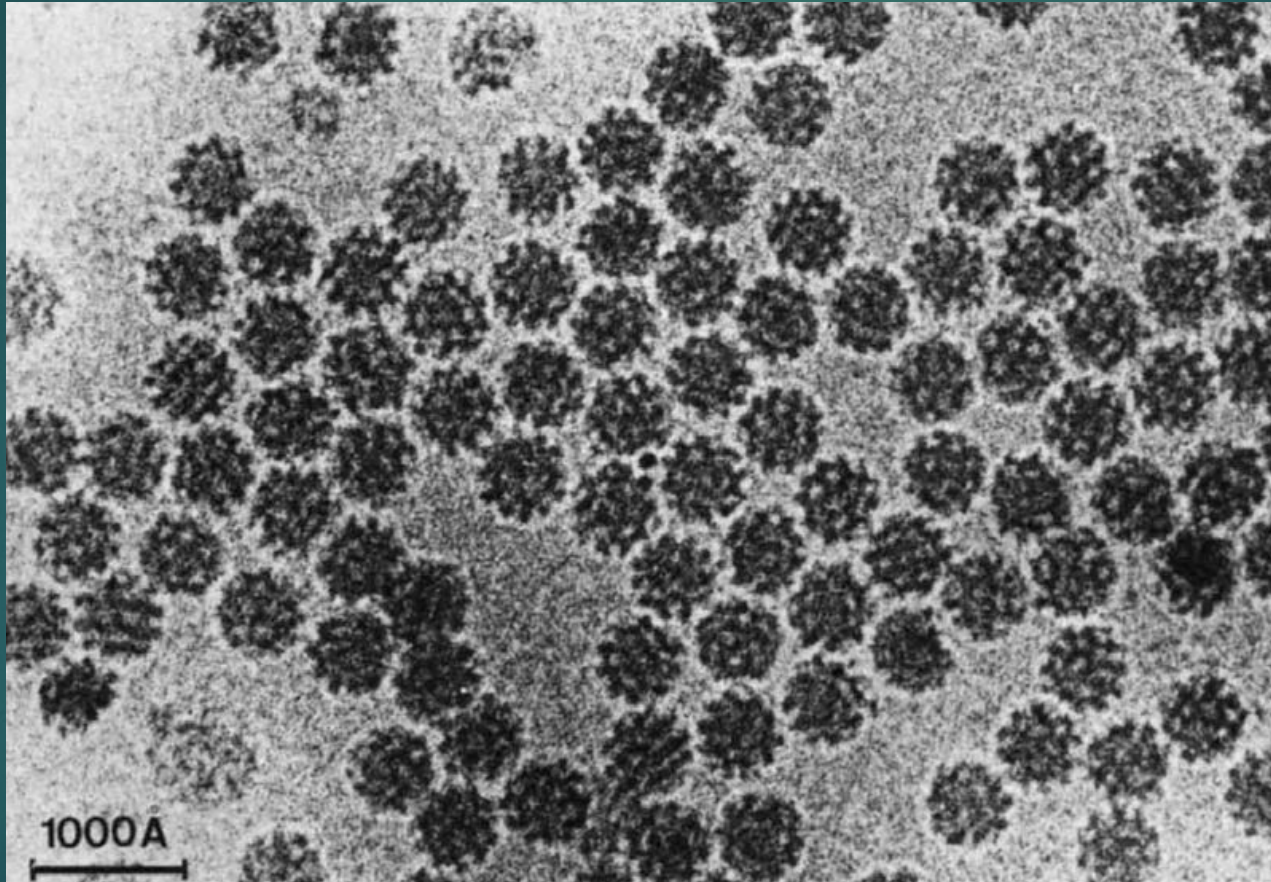


Fig. 43. Plunger for freezing. (a) Simple apparatus equipped here for freezing bulk specimens. (1) Retort stand clamps; (2) liquid nitrogen and ethane dewars; (3) water-driven magnet; (4) plunger with elastic band propulsion; (5) specimen support. (b) A more elegant freezing apparatus equipped for preparing thin vitrified layers of suspensions. (1) Tweezer holding the specimen support grid; (2) humidified air outlet.

Первая установка – для простого остекловывания, вторая – для создания остеклованных слоев жидкости.

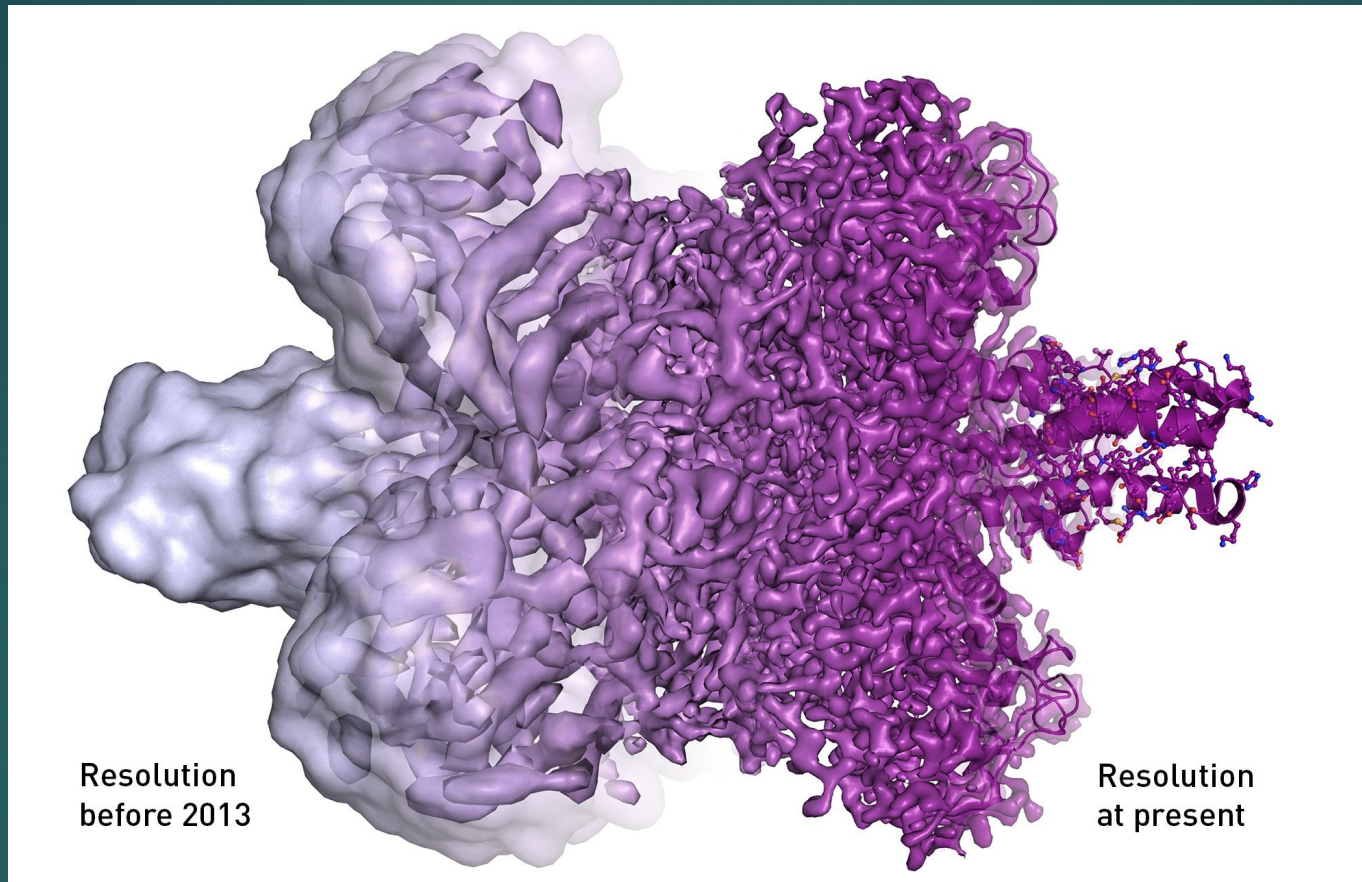
# Первые изображения по методу Дюбоша



Первое изображение аденовируса, окруженного остеклованной водой, 1984 г.



# От «биологии комков» к революции!



Изображение до 2013 года и после 2013 года, когда в строй был введен новый детектор электронов. Началась новая эра в исследованиях молекул!

# Нобелевские лауреаты

**Nobelpriset i kemi 2017**

KUNGL. VETENSKAPS AKADEMIEN  
THE ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES

Photo: EMBL, European Molecular Biology Laboratory



**Jacques Dubochet**  
Université de Lausanne,  
Switzerland

Photo: Columbia University, Maccubbin Center



**Joachim Frank**  
Columbia University, New  
York, USA

Photo: MRC Laboratory of Molecular Biology



**Richard Henderson**  
MRC Laboratory of  
Molecular Biology,  
Cambridge, UK

*"för utveckling av kryoelektronmikroskopi för högupplösande strukturbestämning av biomolekyler i lösning"*  
*"for developing cryo-electron microscopy for the high-resolution structure determination of biomolecules in solution"*

2017-10-04 © Kungl. Vetenskapsakademi

А вот и те самые люди, которые создавали криоэлектронную микроскопию!



# По материалам:

- The Nobel Prize in chemistry 2017. Popular science background. The Royal Swedish Academy of Sciences
- Scientific Background on the Nobel Prize in Chemistry 2017. The development of cryo - electronic microscopy. The Royal Swedish Academy of Sciences
- <https://ria.ru/science/20171004/1506180530.html>



Спасибо за внимание!