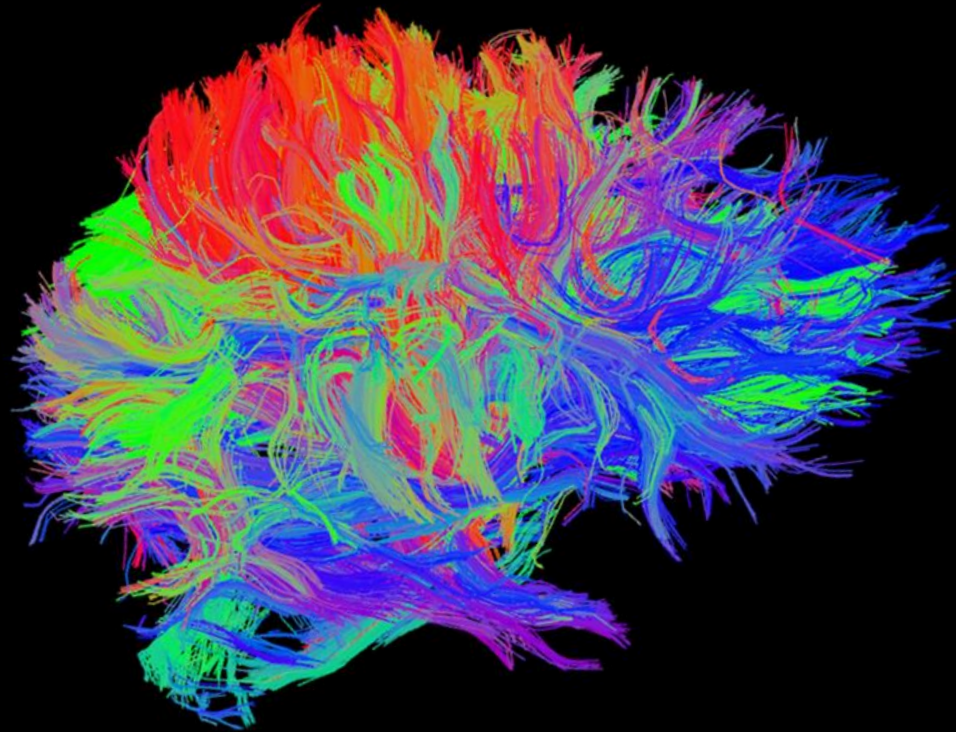


Нейронные гиперсети: структура и динамика

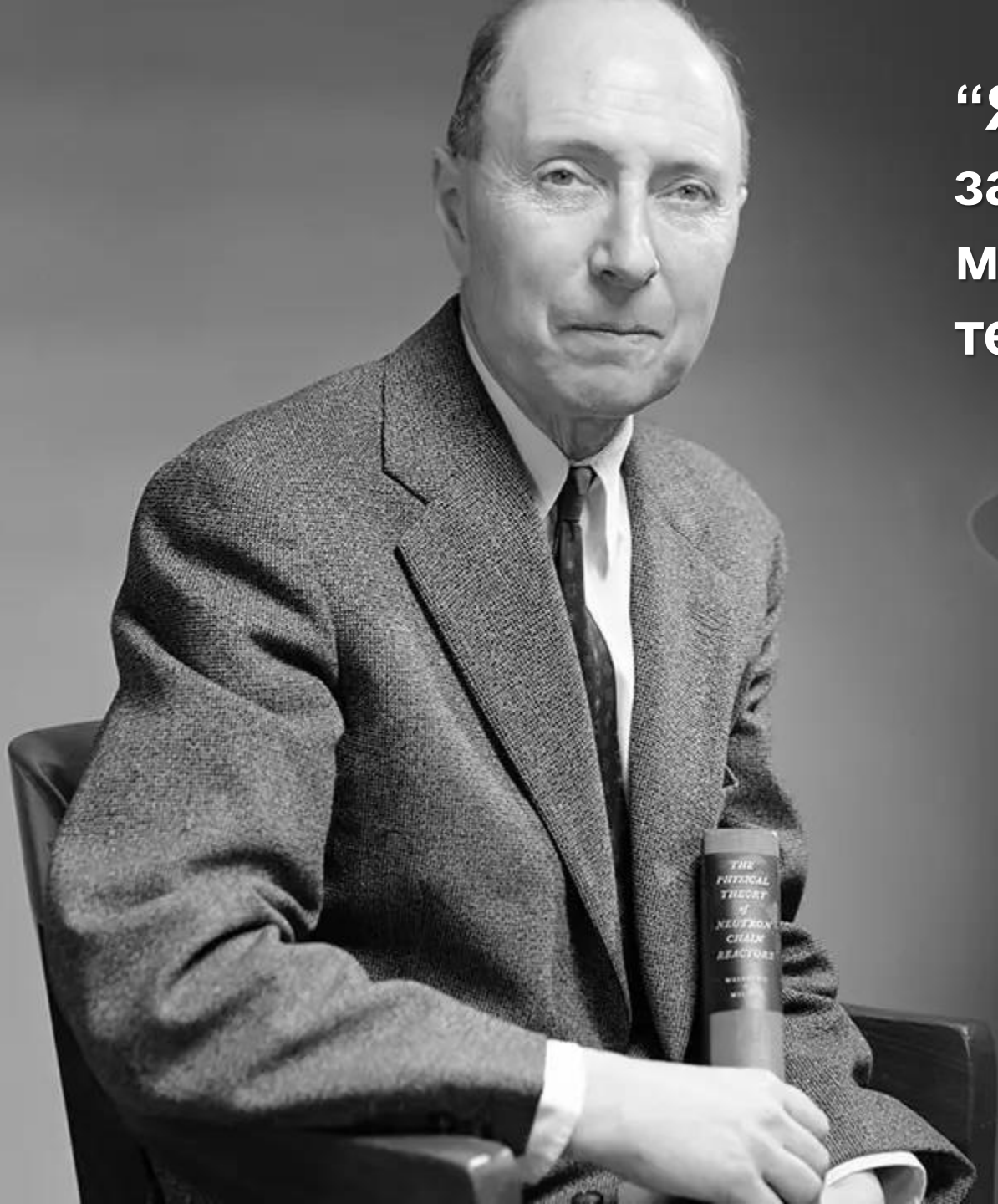
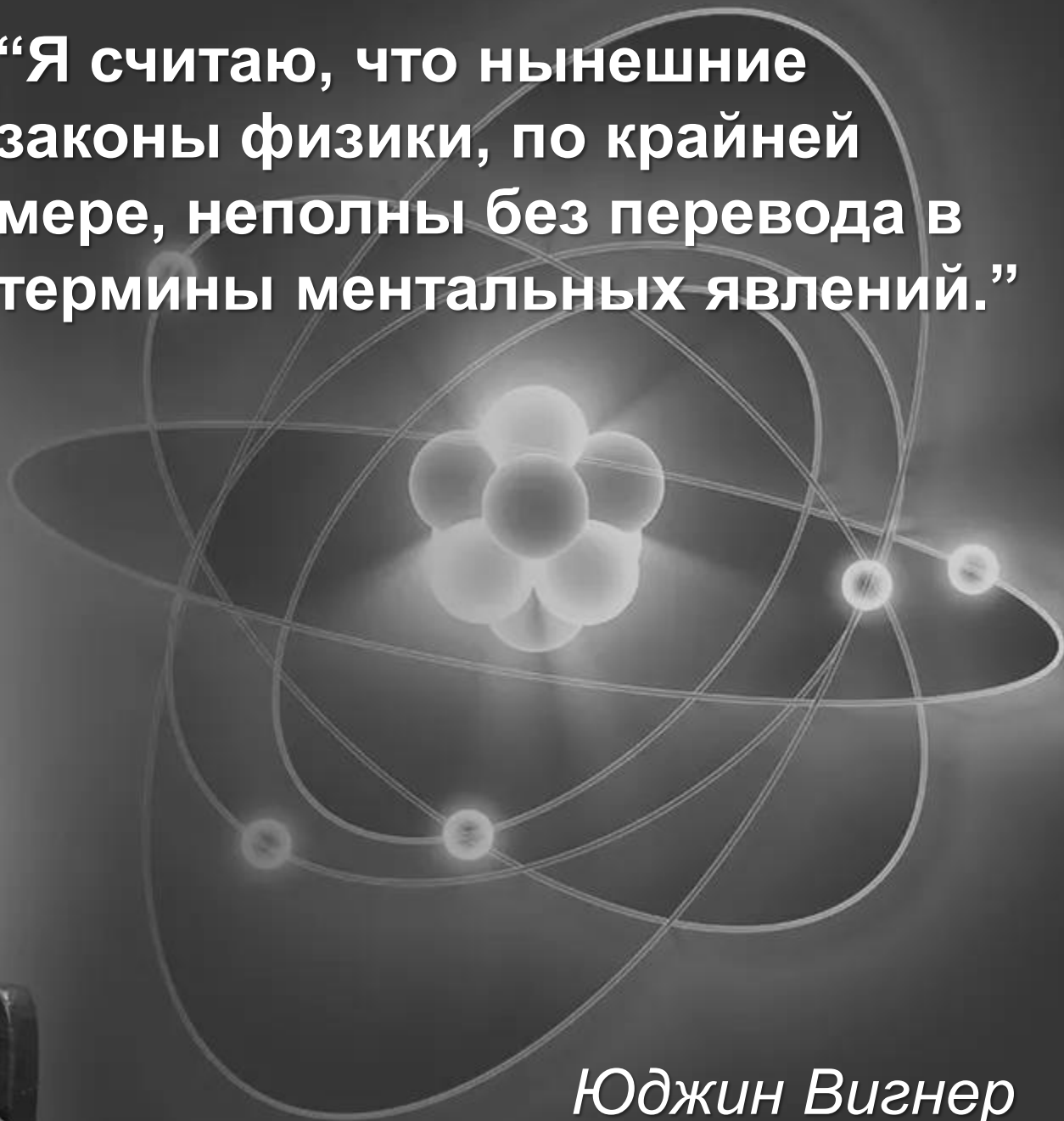
Константин Анохин

Институт перспективных исследований мозга

МГУ имени М.В. Ломоносова



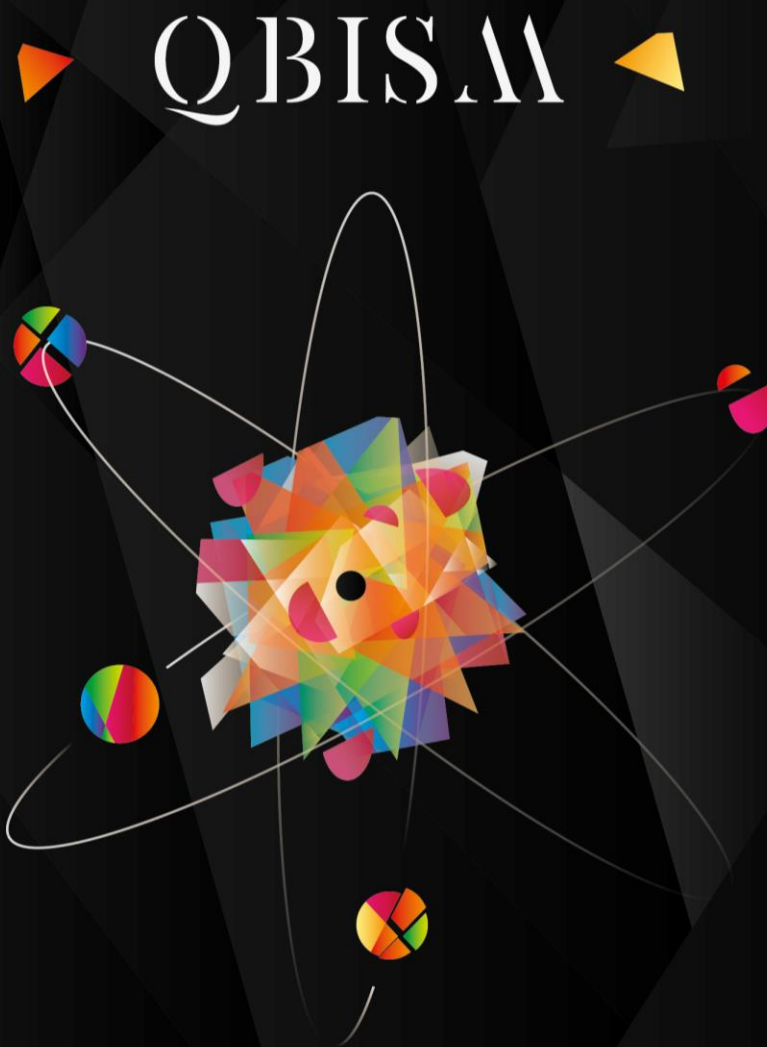
“Я считаю, что нынешние законы физики, по крайней мере, неполны без перевода в термины ментальных явлений.”



Юджин Вигнер



Christopher Fuchs



Putting Quantum Mechanics
into the Right Shape

Мозг - сложная система

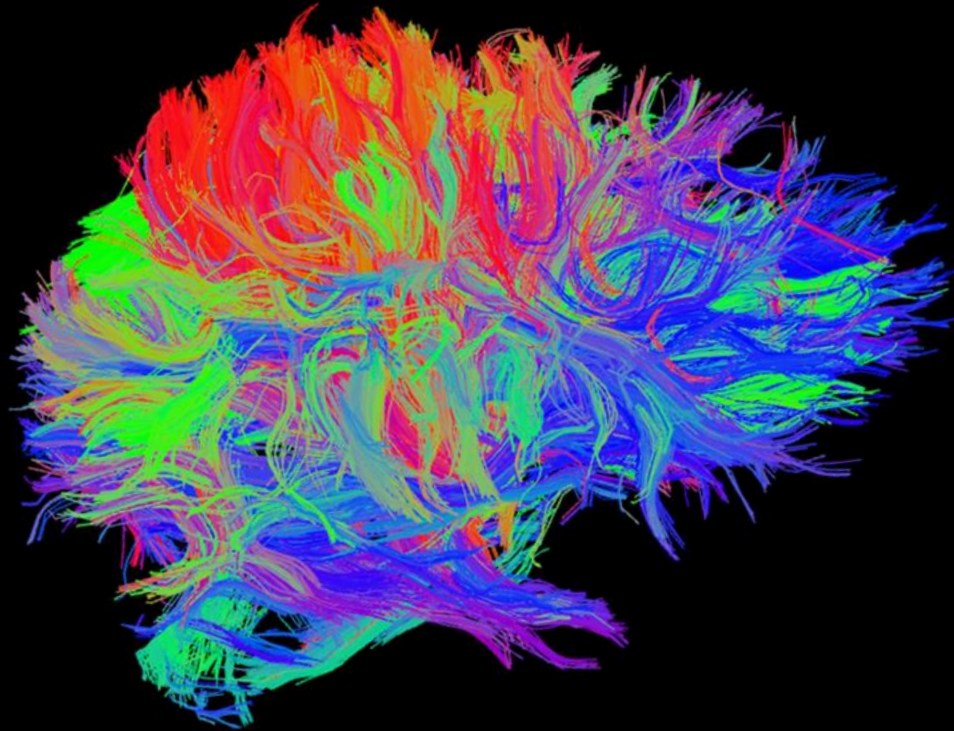
Мозг человека:

10^{11} нейронов

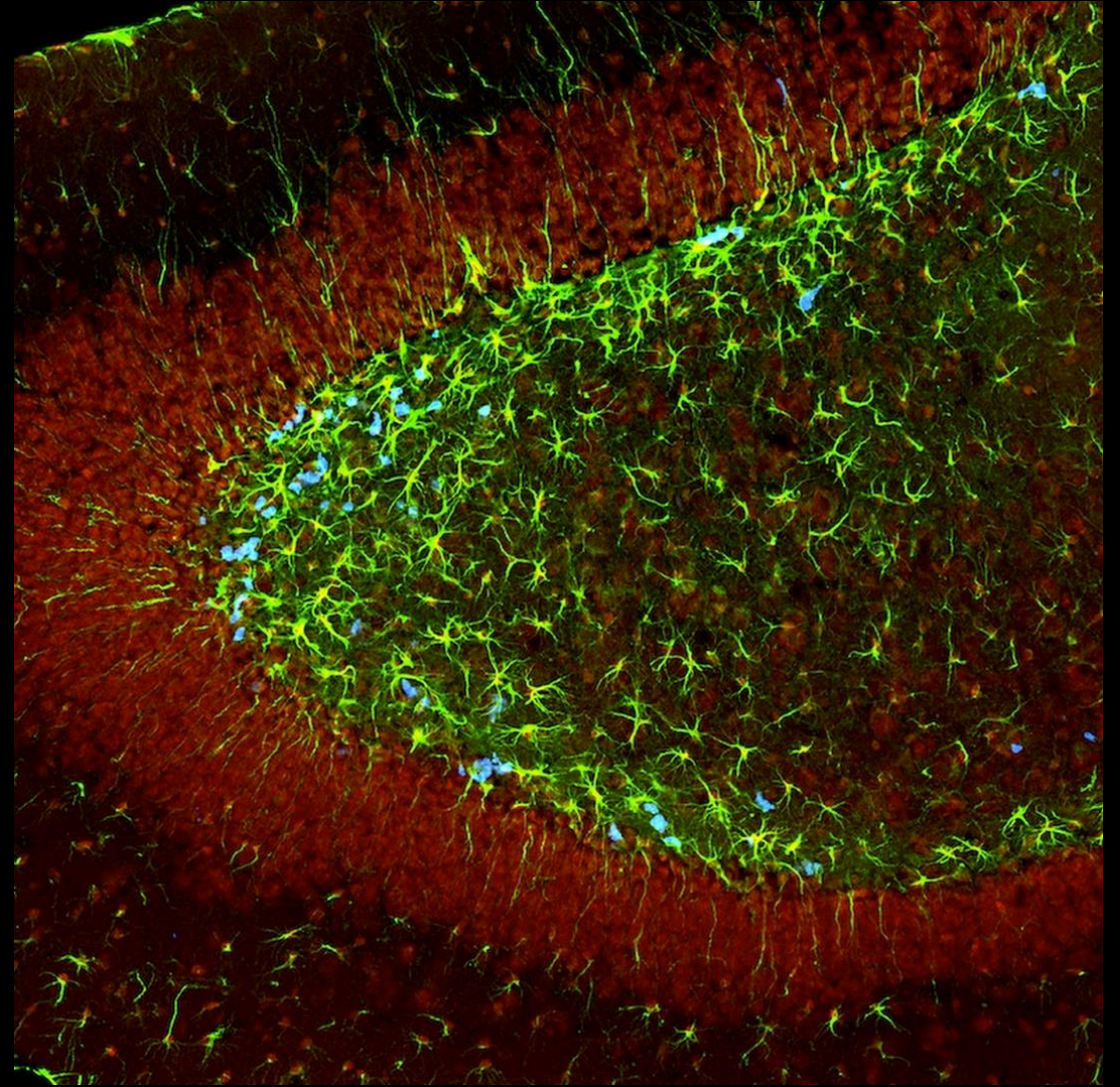
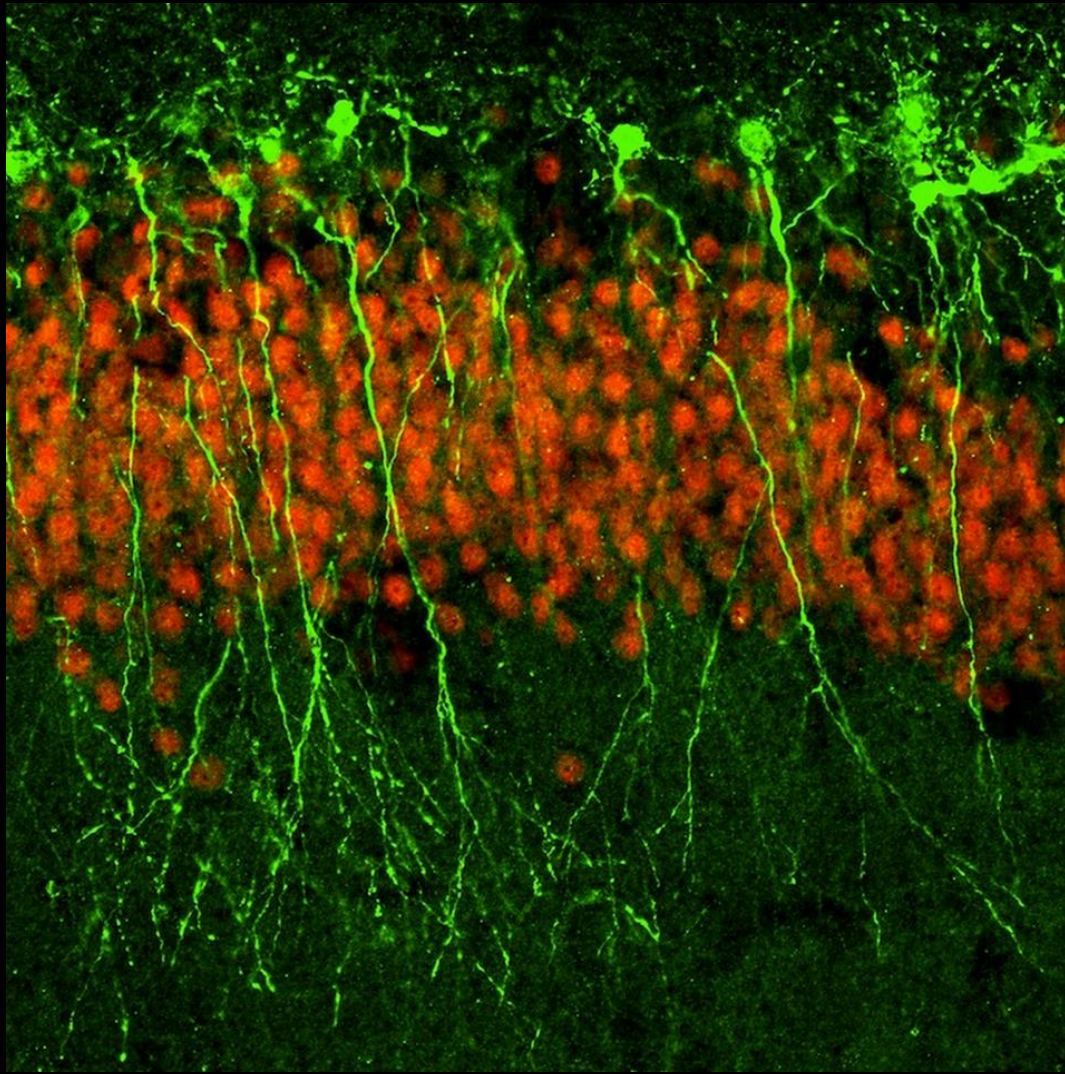
10^{12} мм нейронных отростков

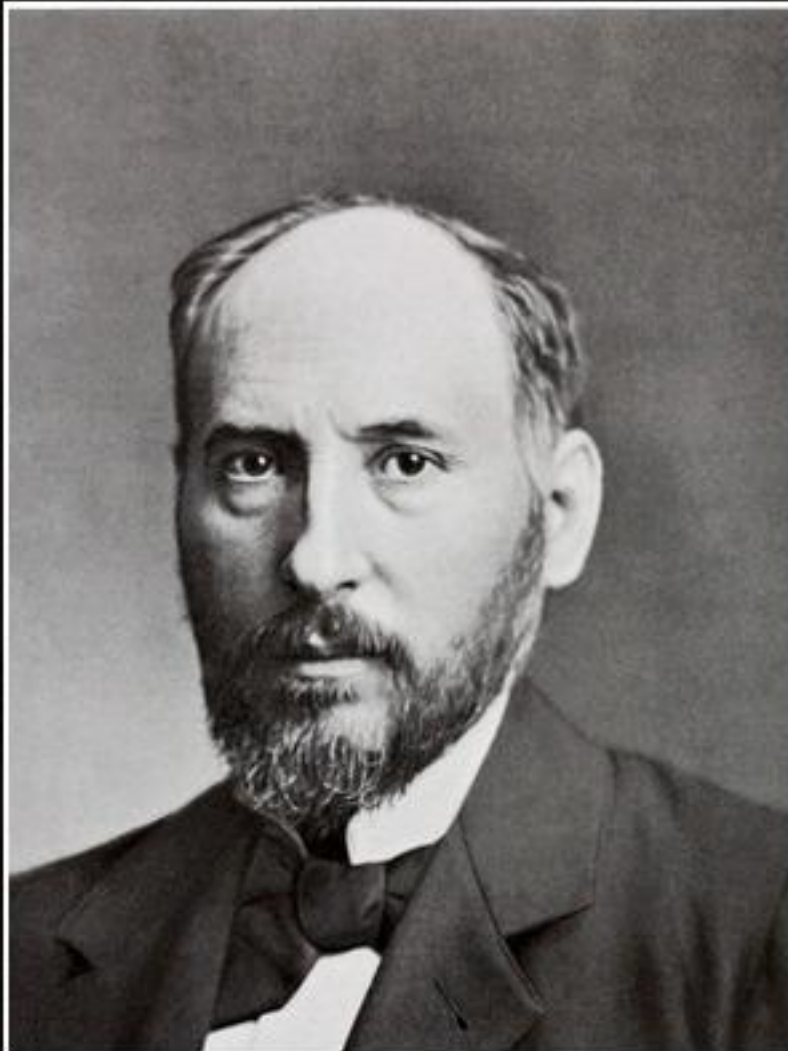
10^{15} контактов

$10^{1000000}$ вариантов комбинаций



Окраска отдельных нейронов в мозге мыши (NeuN)



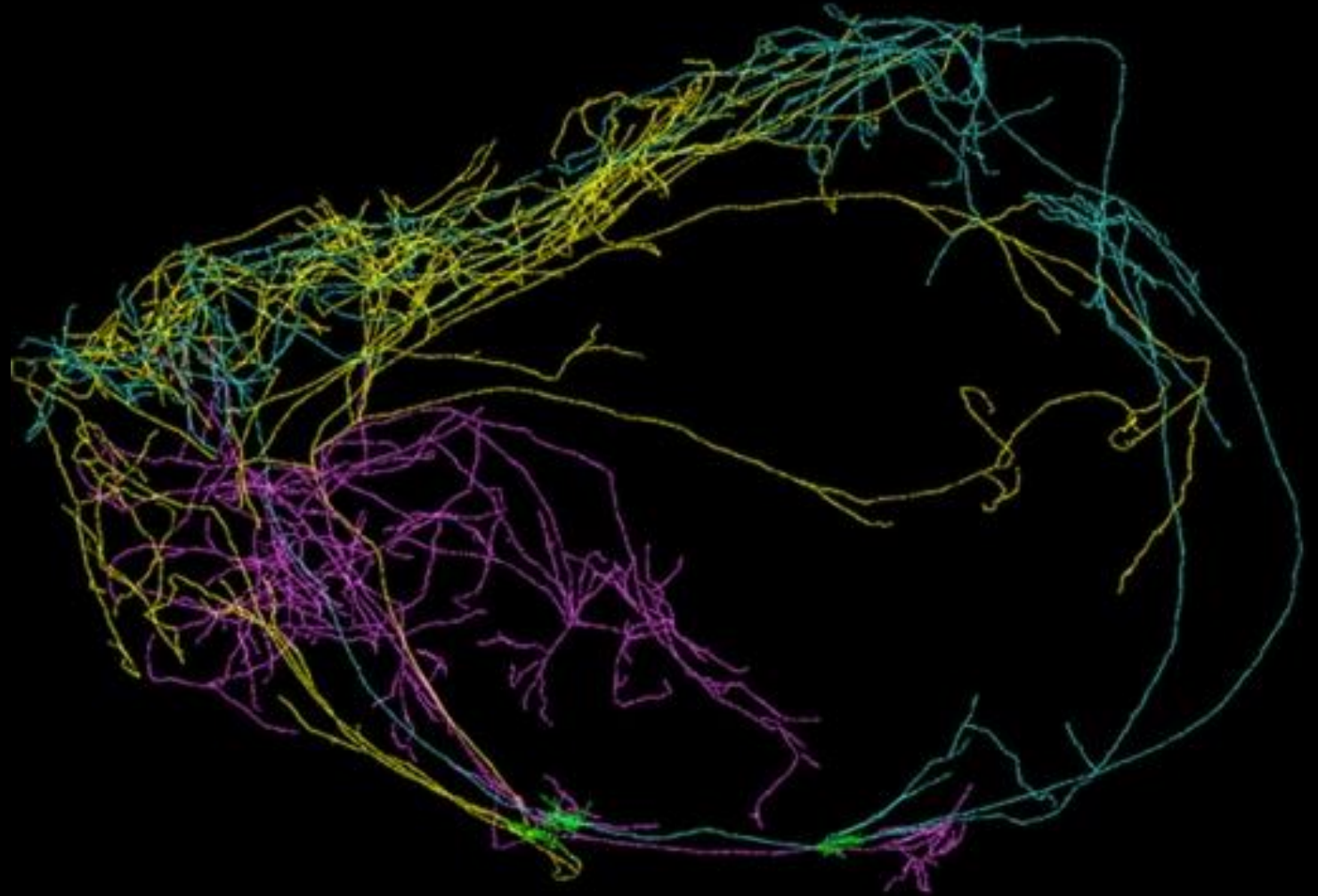
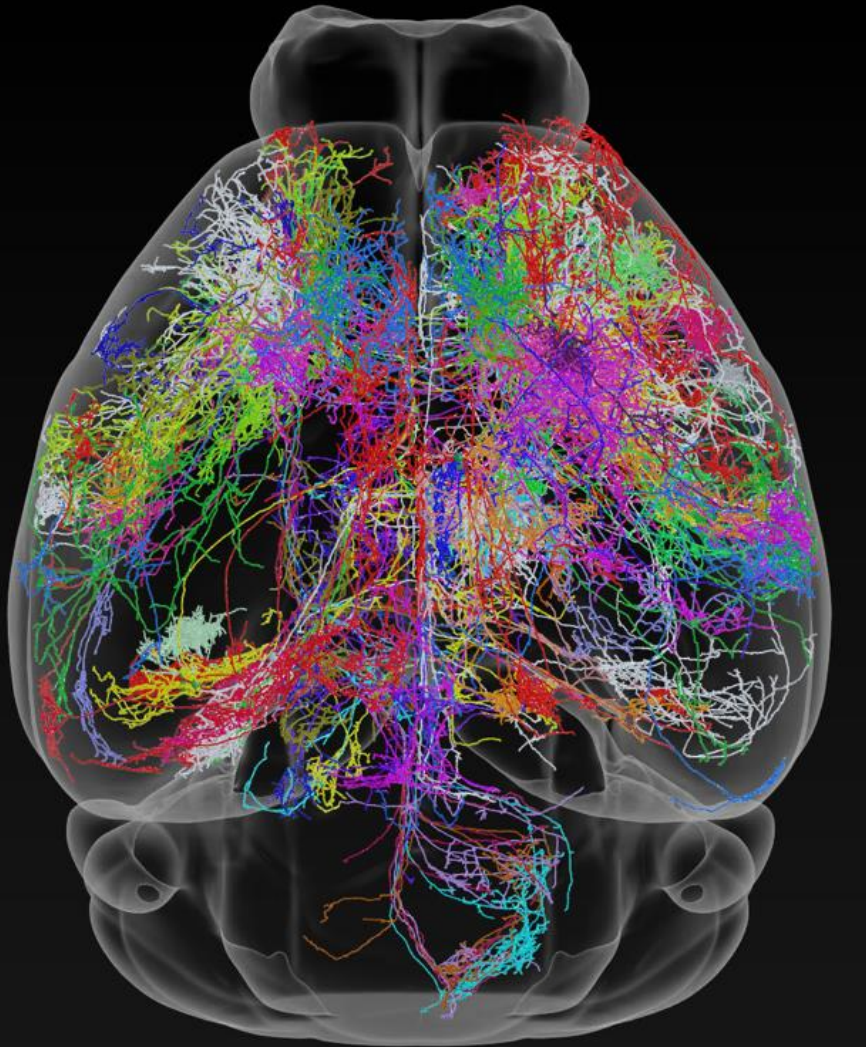


Like the entomologist in search of colorful butterflies, my attention has chased in the gardens of the grey matter cells with delicate and elegant shapes, the mysterious butterflies of the soul, whose beating of wings may one day reveal to us the secrets of the mind.

— *Santiago Ramon y Cajal* —

AZ QUOTES

Реконструкция отростков отдельных нейронов в мозге мыши



Мозг - сложная система

Мозг - сложная динамическая система

Мозг - сложная нелинейная динамическая система

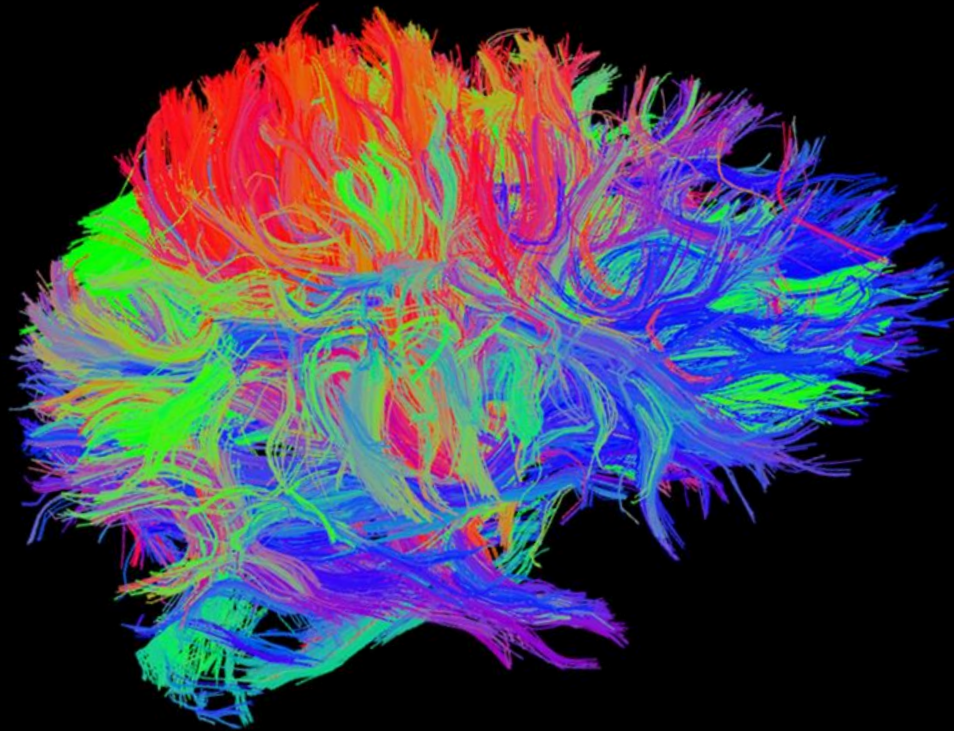
Мозг человека:

10^{11} нейронов

10^{12} мм нейронных отростков

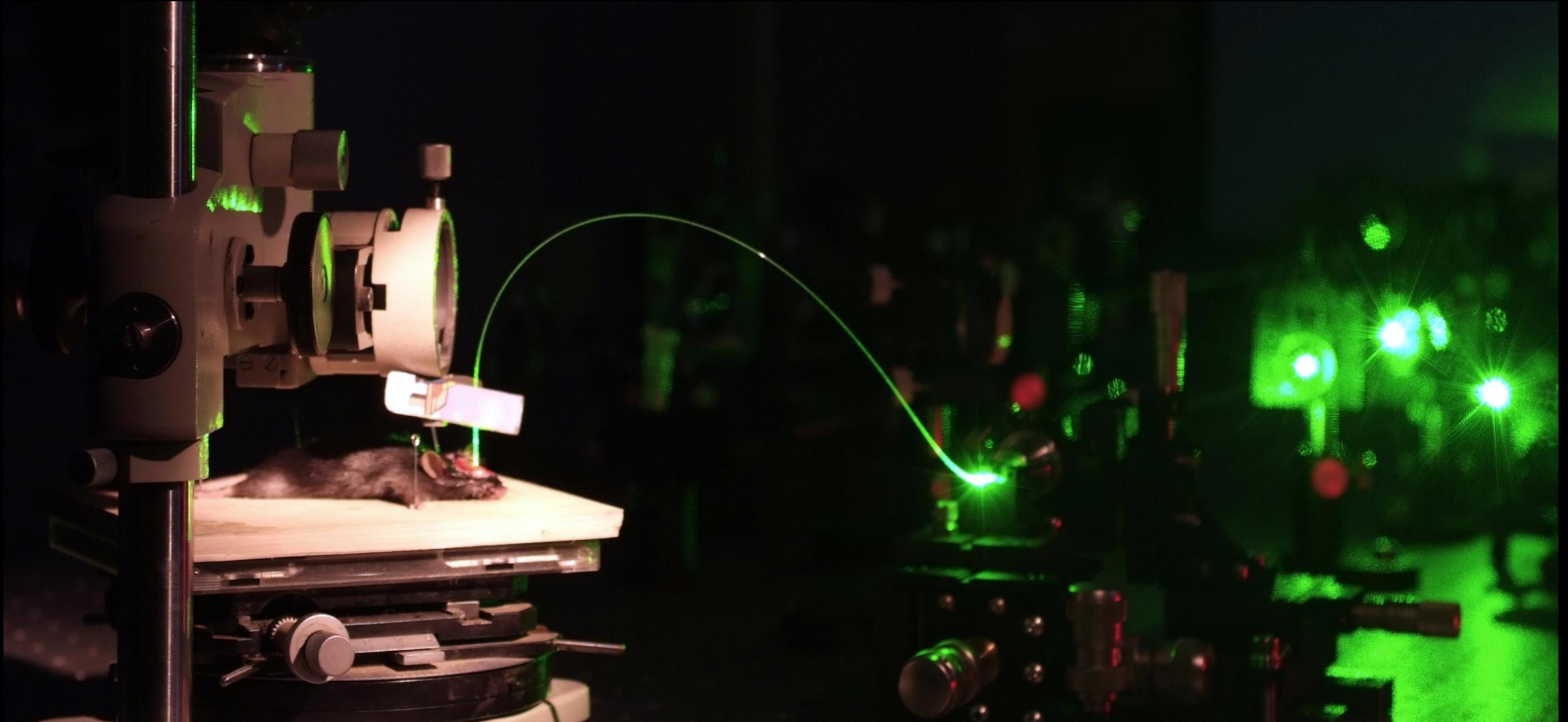
10^{15} контактов

$10^{1000000}$ вариантов комбинаций

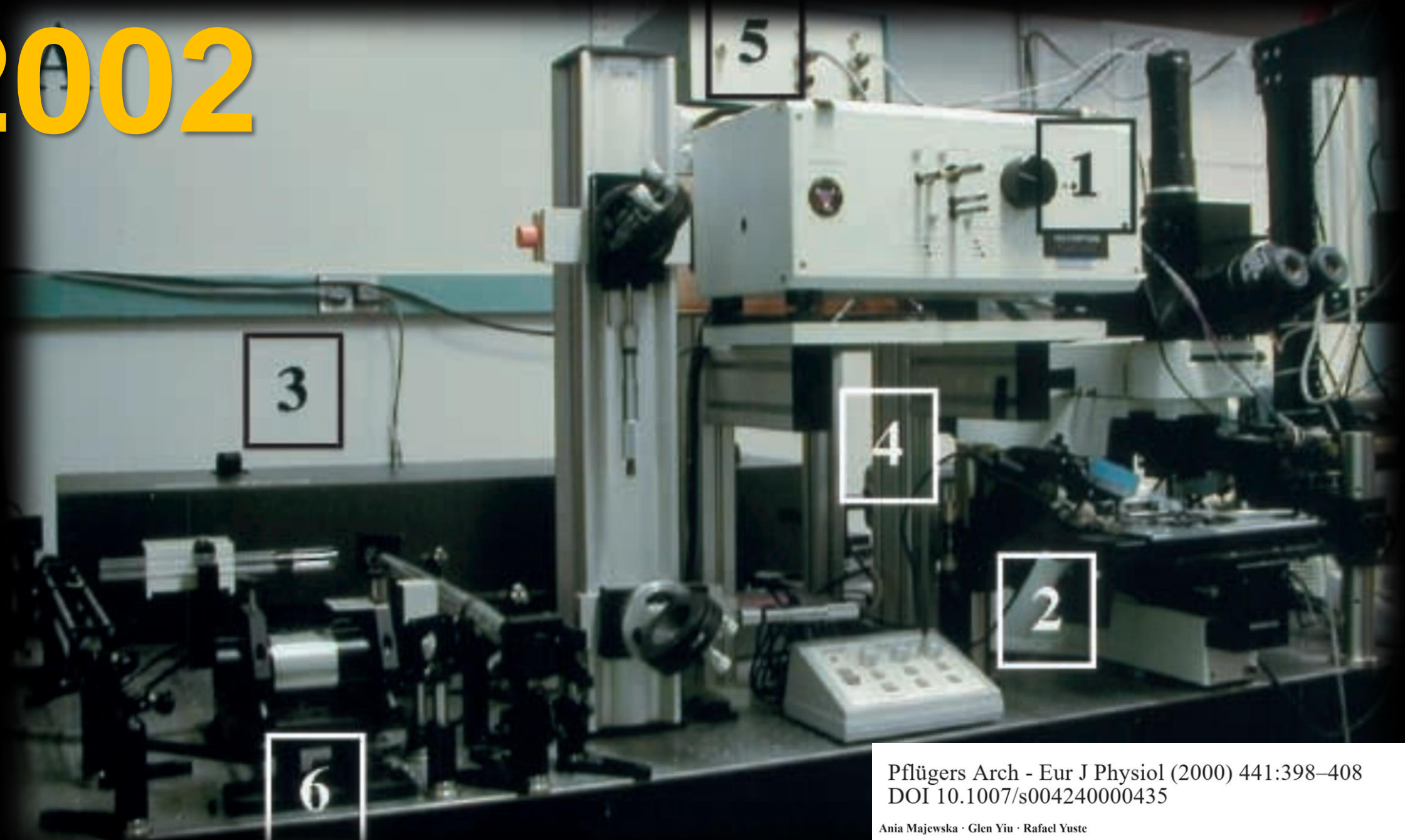


Нейрофотоника: исследования живого бодрствующего мозга с помощью фотонов

Константин Анохин



2002

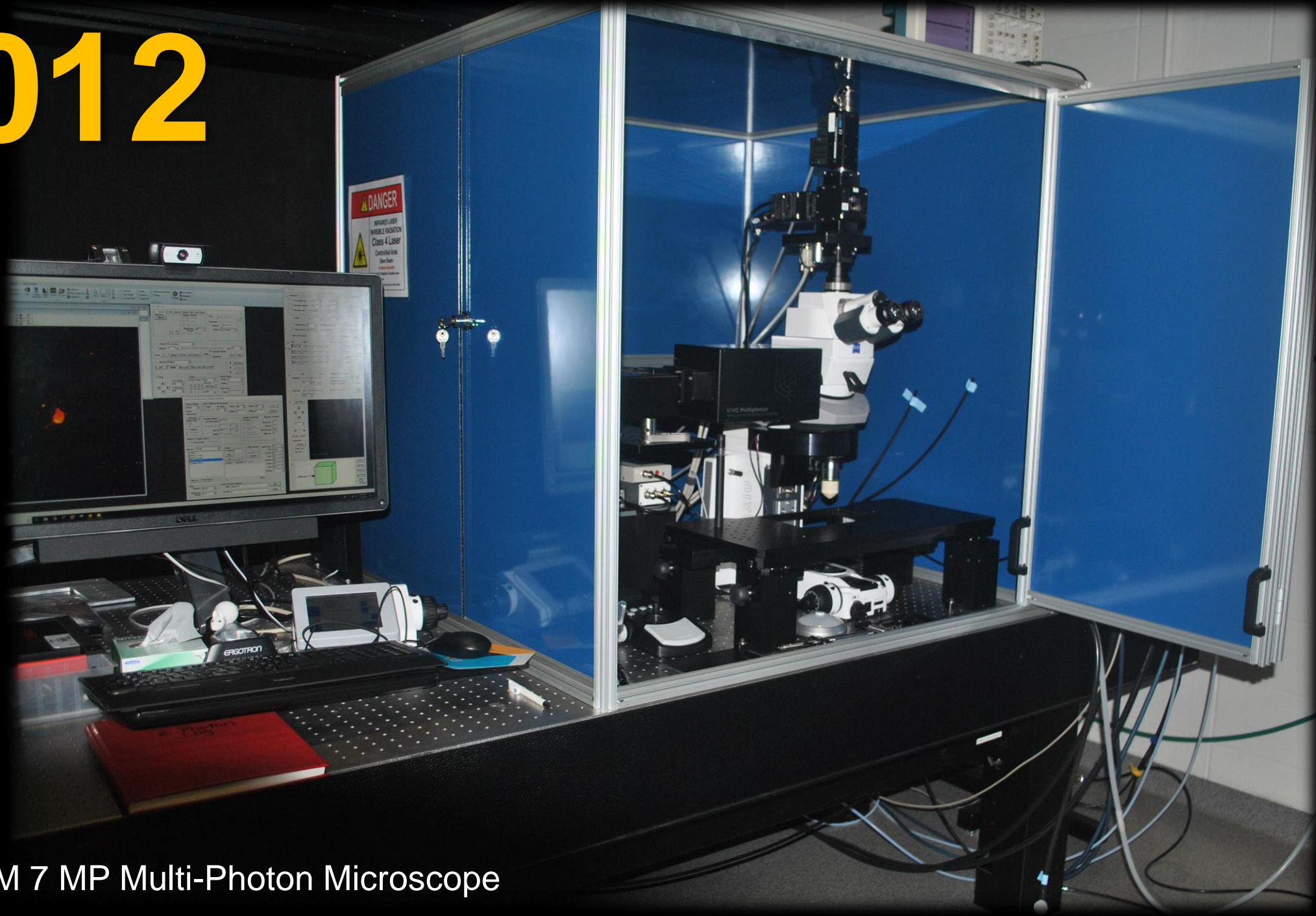


Pflügers Arch - Eur J Physiol (2000) 441:398–408
DOI 10.1007/s004240000435

Ania Majewska · Glen Yiu · Rafael Yuste

A custom-made two-photon microscope and deconvolution system

2012

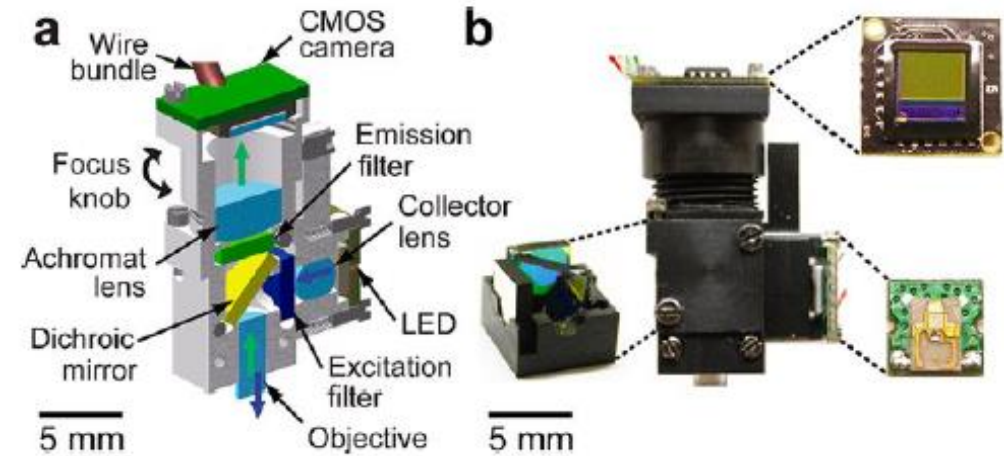


Zeiss LSM 7 MP Multi-Photon Microscope

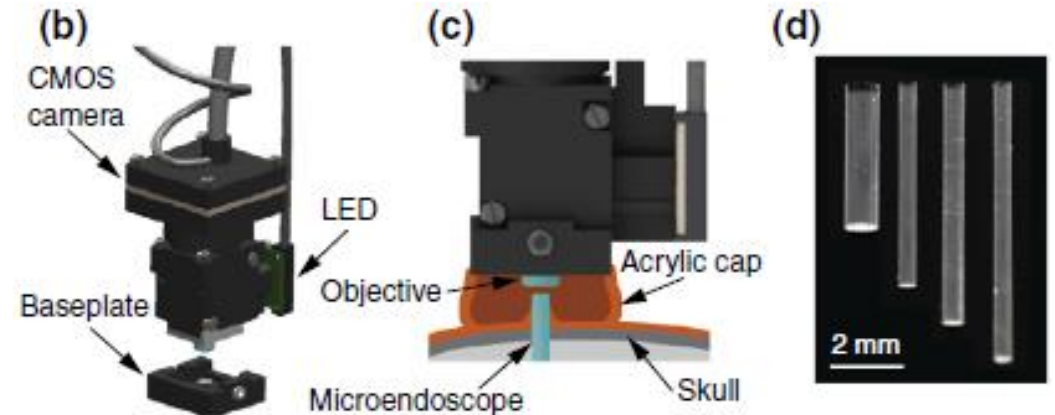
Однофотонные минимикроскопы (минископы) для оптического клеточного имиджинга активности мозга

Основные характеристики:

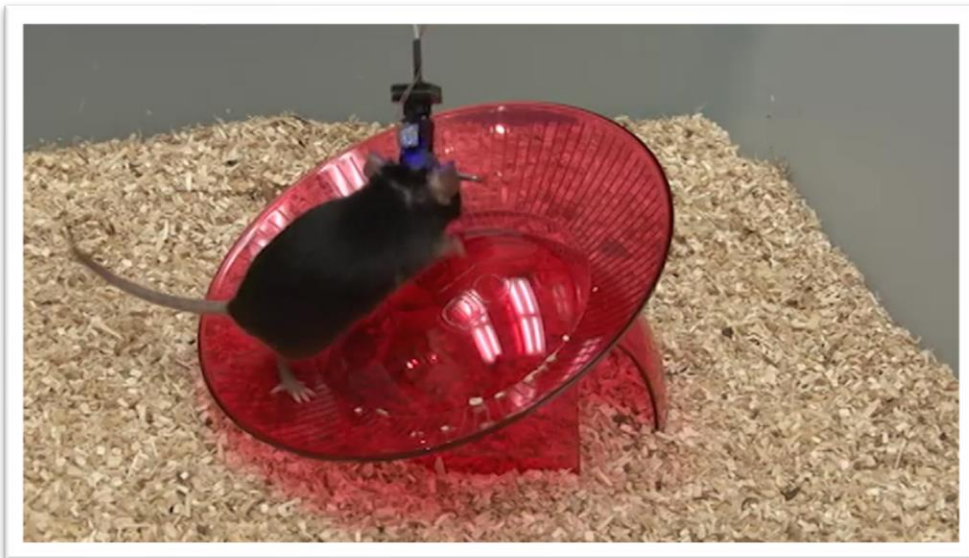
- однофотонная одноканальная эпифлуоресценция
- излучение: 475/10 nm (blue)
- детекция: 535/50 nm (green)
- рабочее расстояние: 100-250 мкм
- скорость съёмки: до 30 кадров/с
- разрешение: 1440x1080 пкс (900x600мкм)



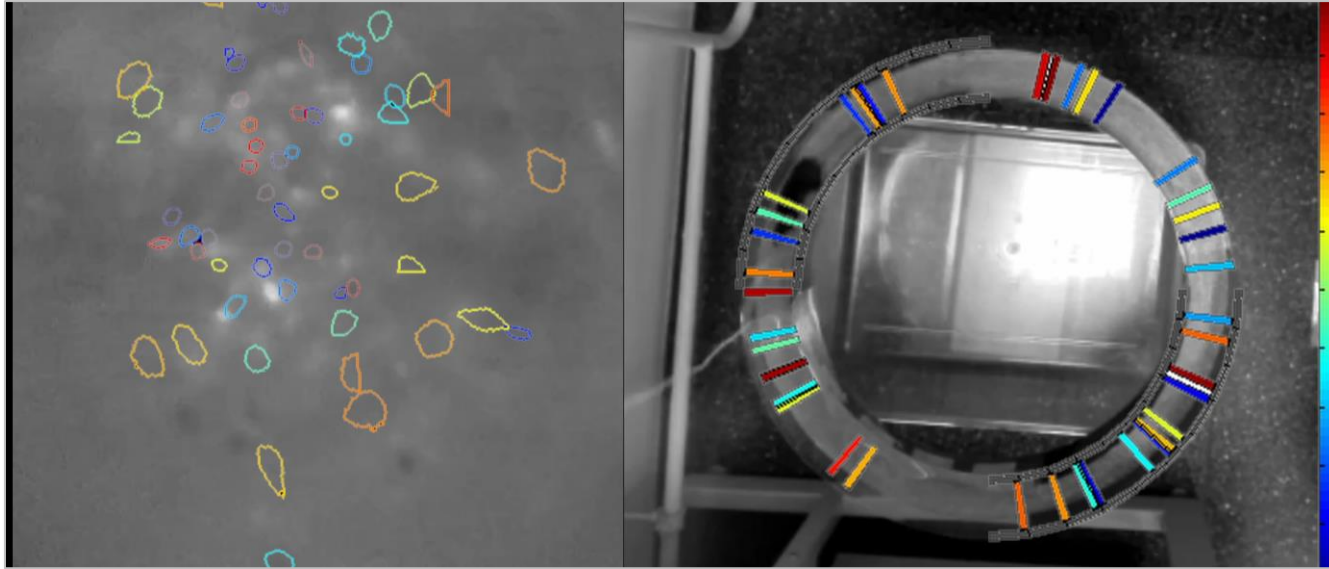
Принципиальная схема минископа NVista HD



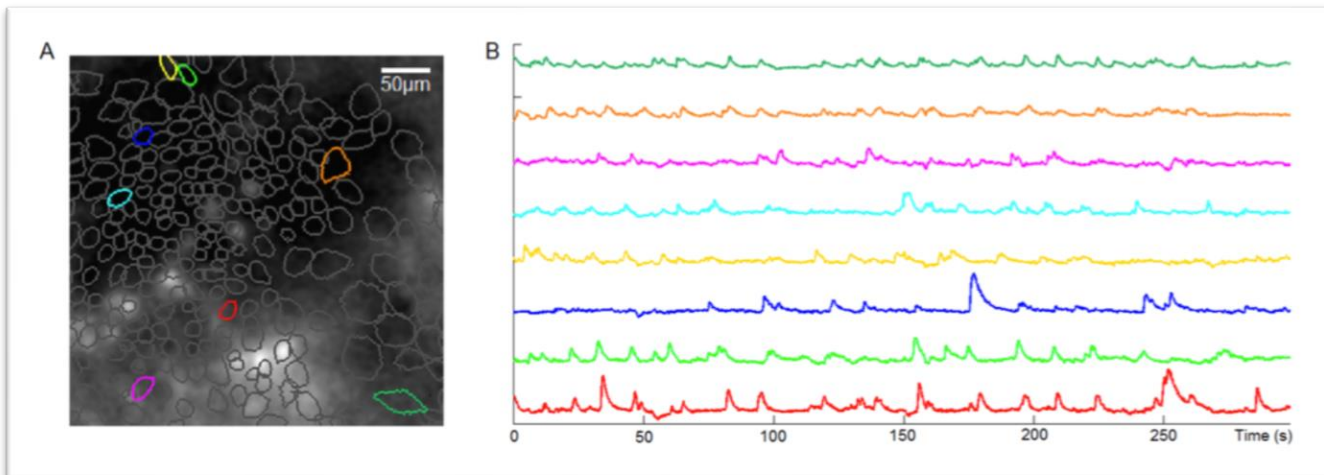
Дизайн системы и микроэндоскопы



Минимикроскопическое выявление «нейронов места» в гиппокампе



Пример регистрации нейронов во время эксперимента



Выделенные нейроны (A) и временные зависимости их кальциевой активности (B)

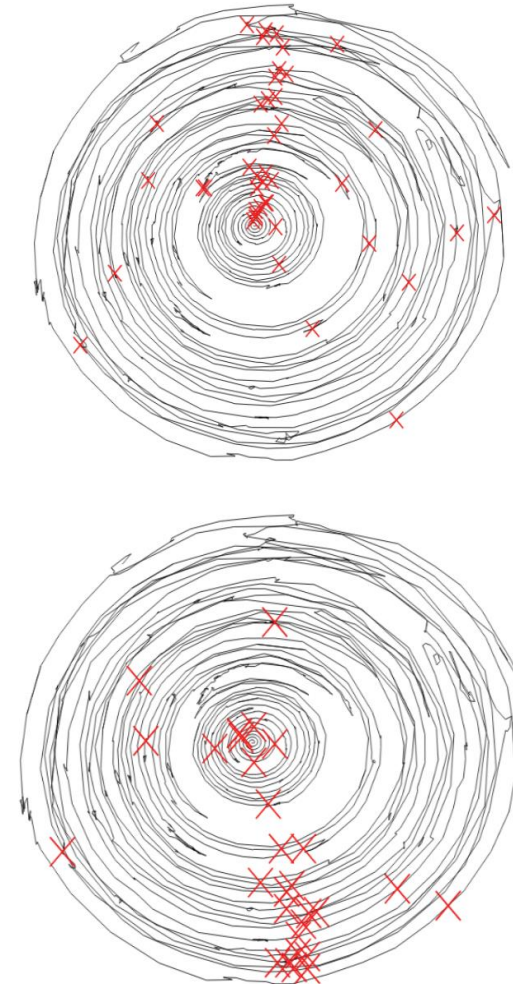
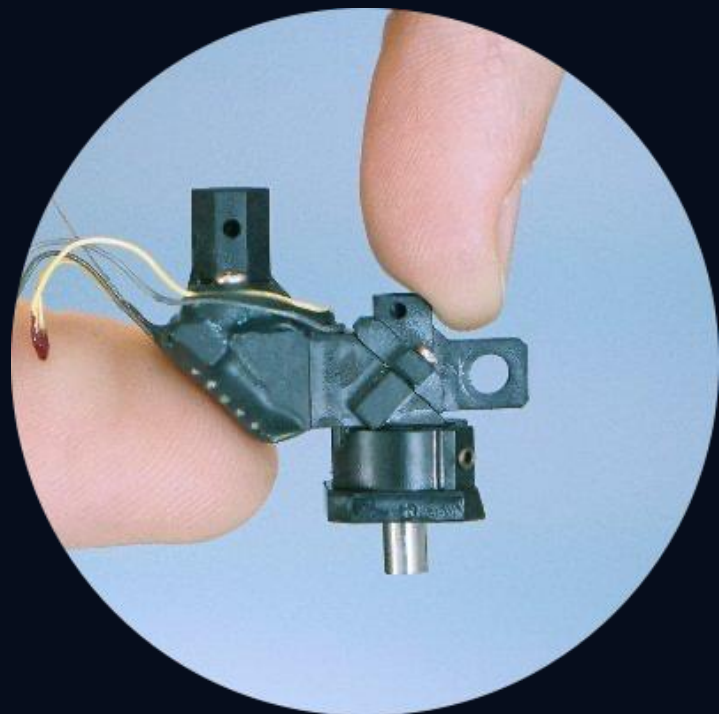


Рис.8 Активность клеток № 25 и № 314 в динамике

2022

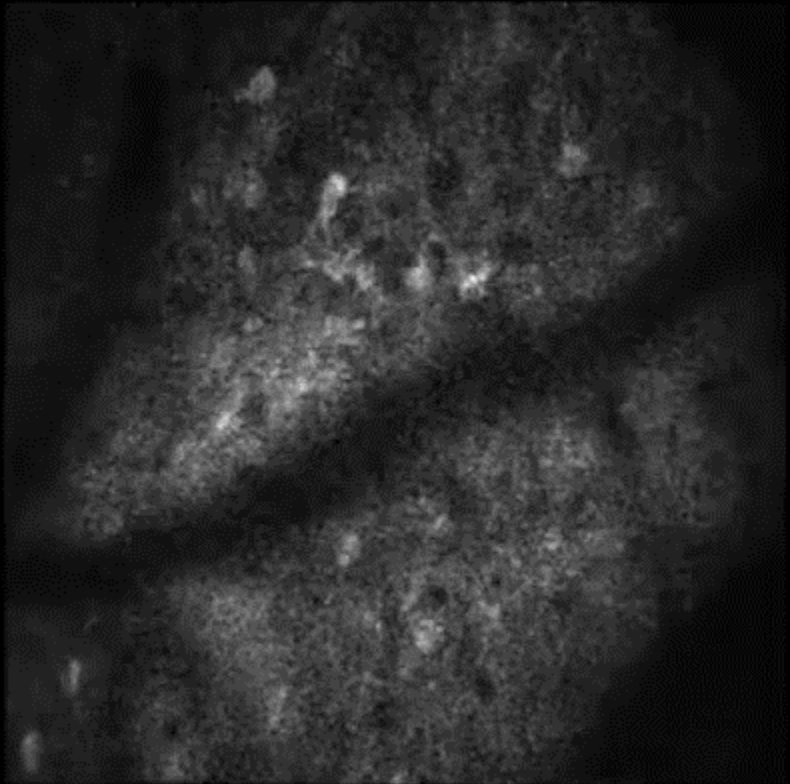


Large-scale two-photon calcium imaging
in freely moving mice

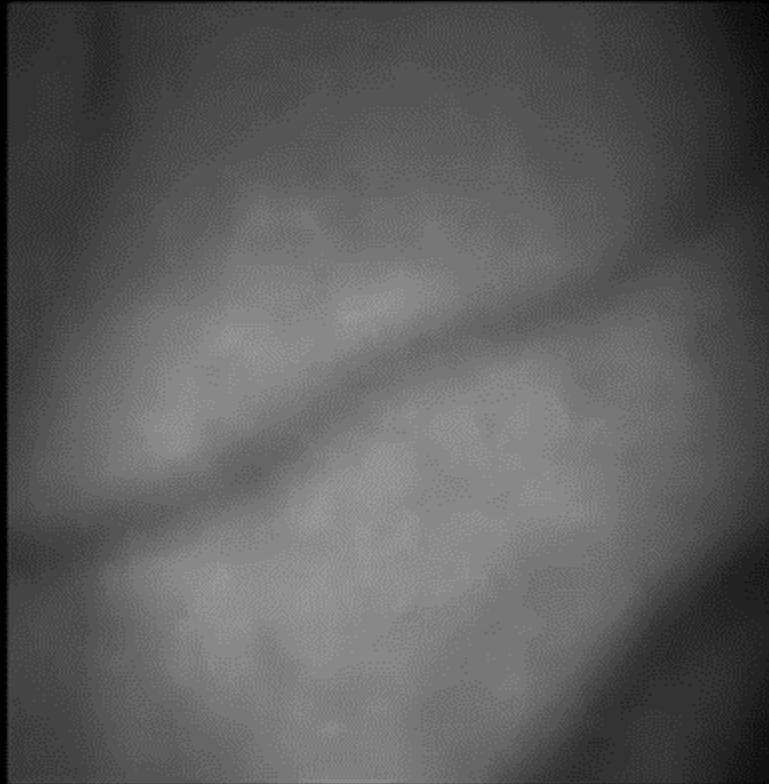
Zong et al., 2022, Cell 185, 1240–1256

Calcium imaging in MEC using a modified MINI2P with either 2P or 1P excitation

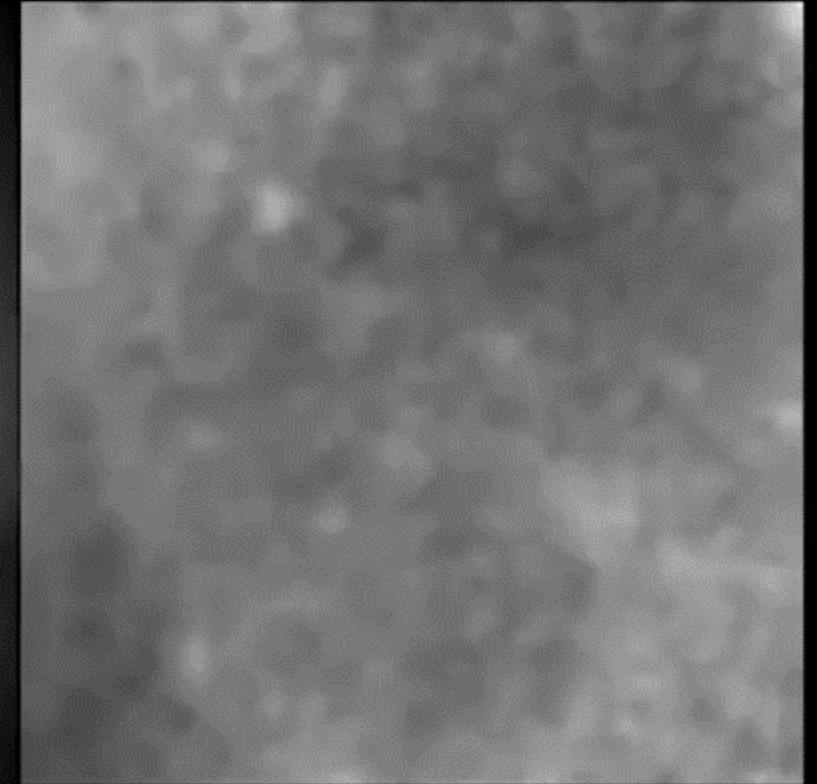
2P excitation



1P excitation raw



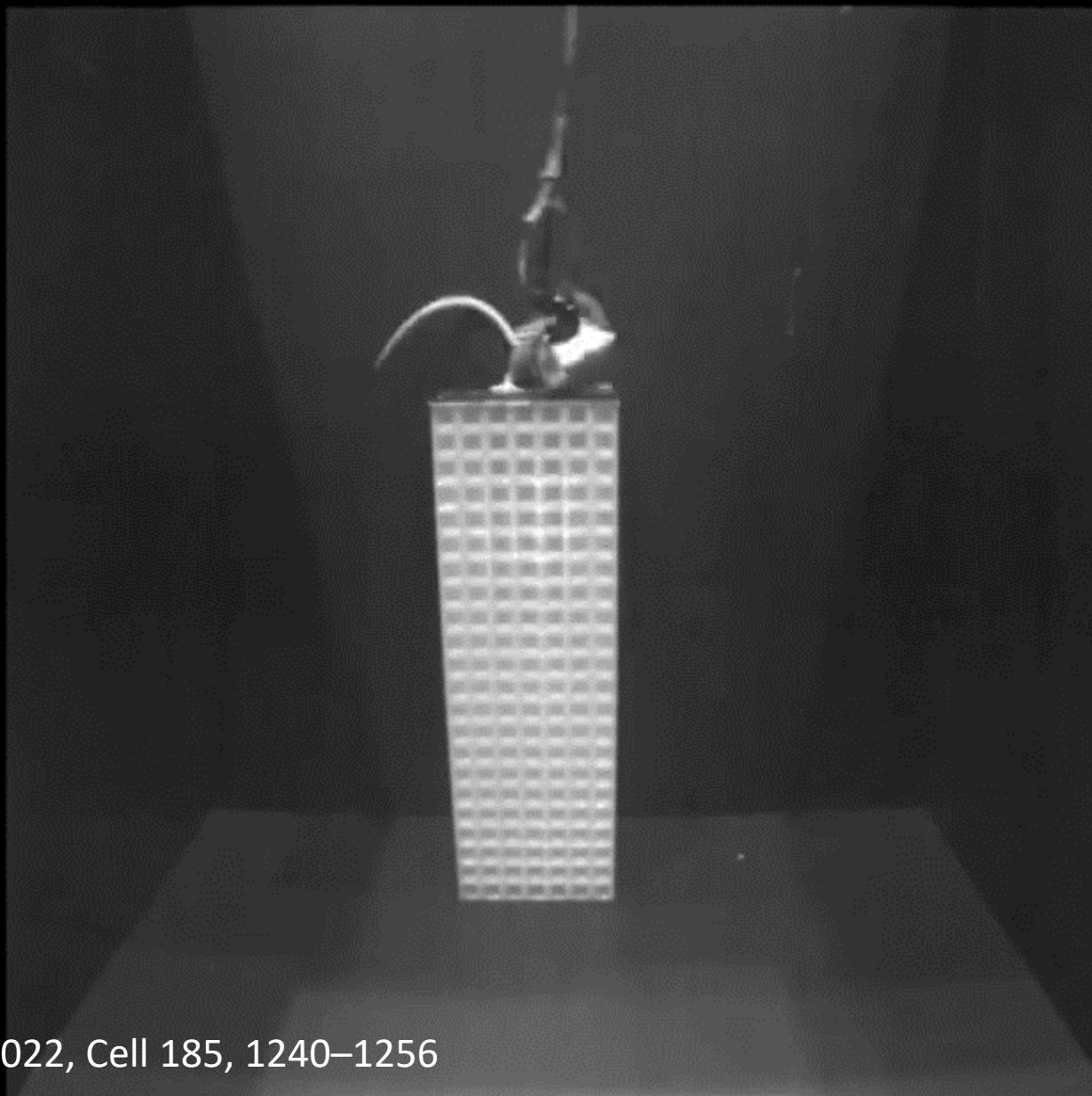
1P excitation denoise+dF/F



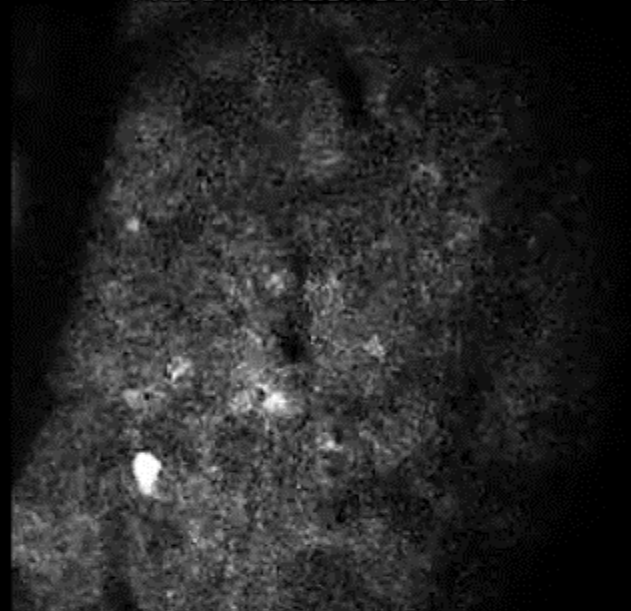
921.909 s

Speed x 10

466.785 s



Without motion correction



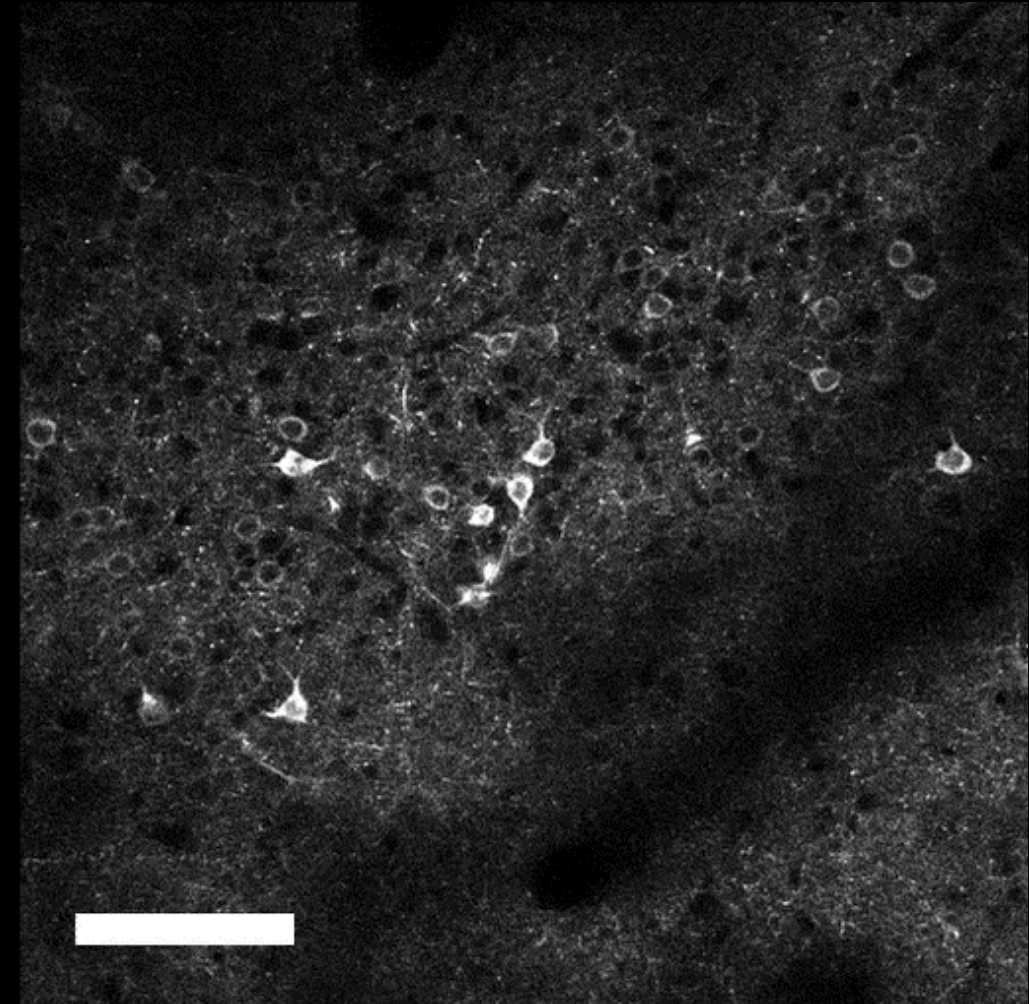
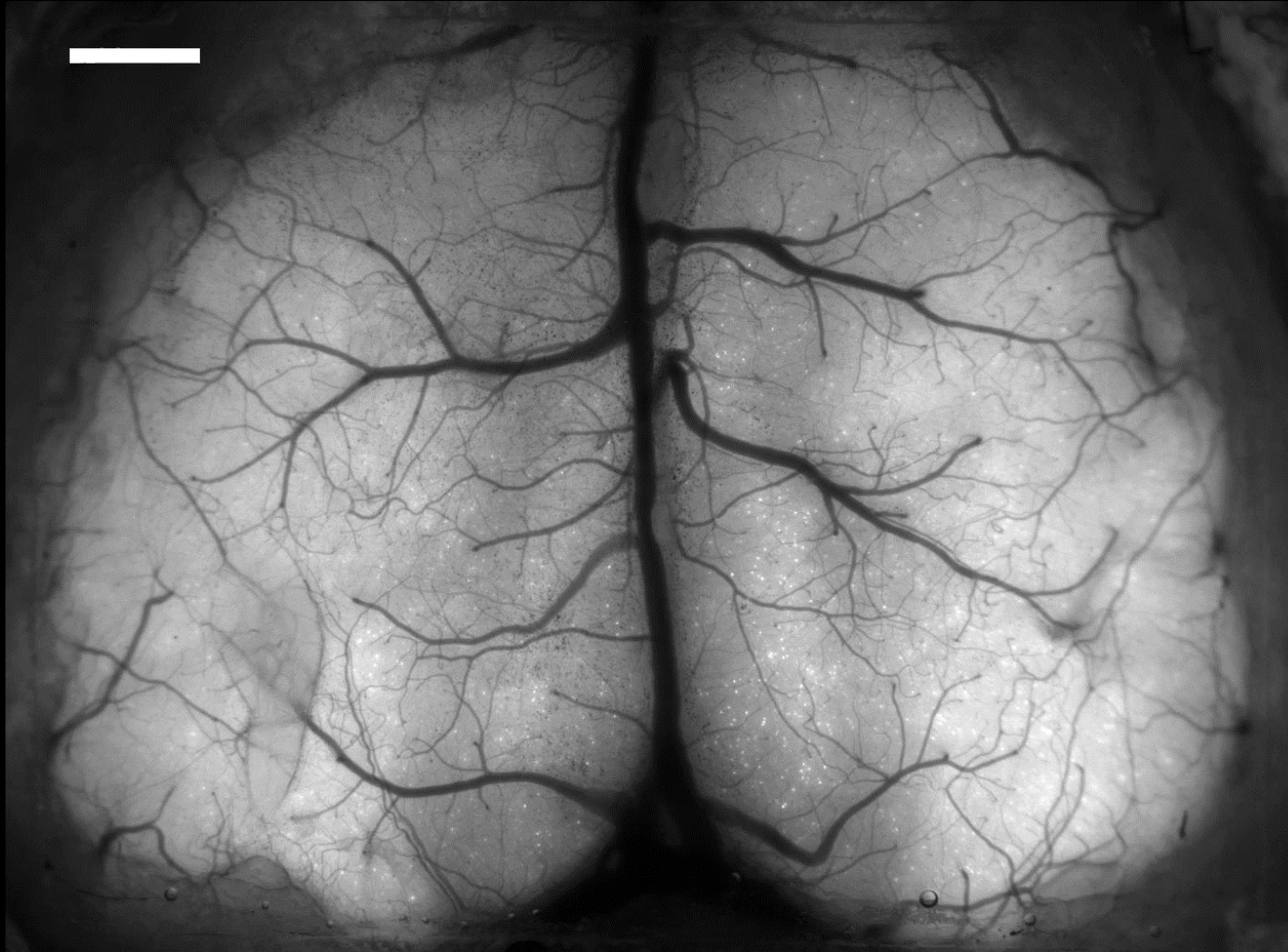
With motion correction



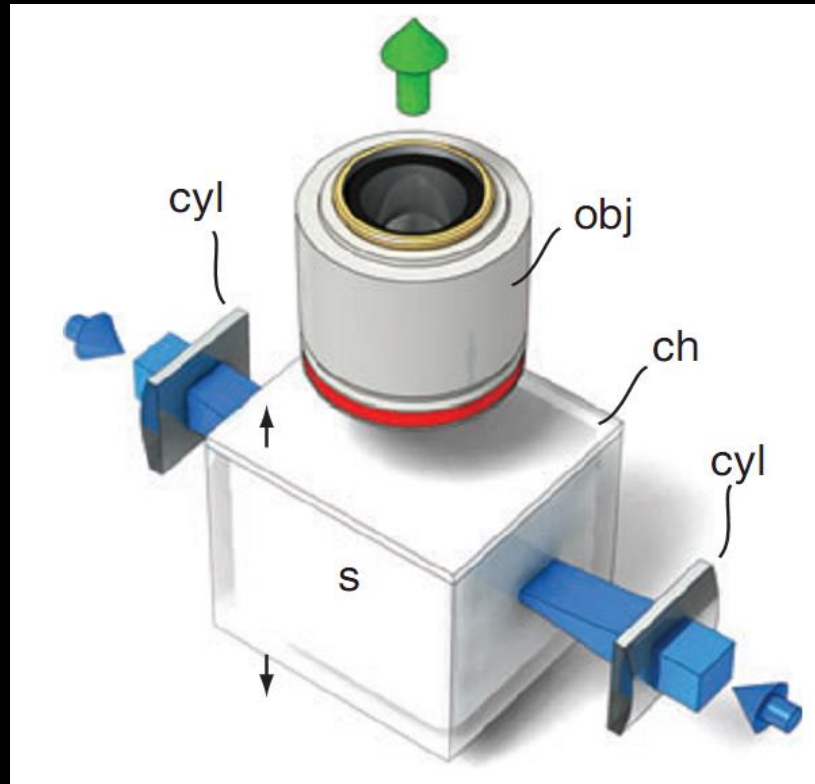
Long-Term Optical Access to an Estimated One Million Neurons in the Live Mouse Cortex

T.H. Kim et al.

Cell Reports 17, 3385–3394, 2016



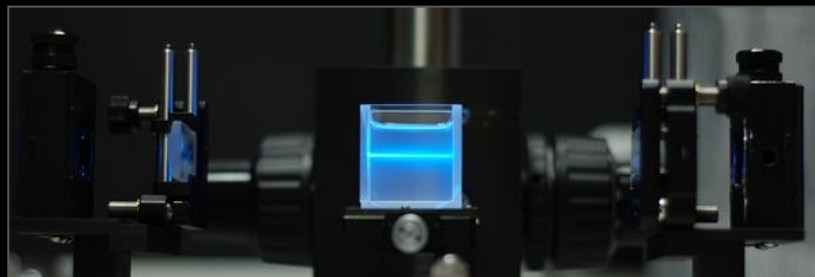
Плоскочувствительная клеточная микроскопия целого мозга ex vivo



Siedentopf, H. & Zsigmondy, R.
Annalen der Physik 10, 1–39 (1903).

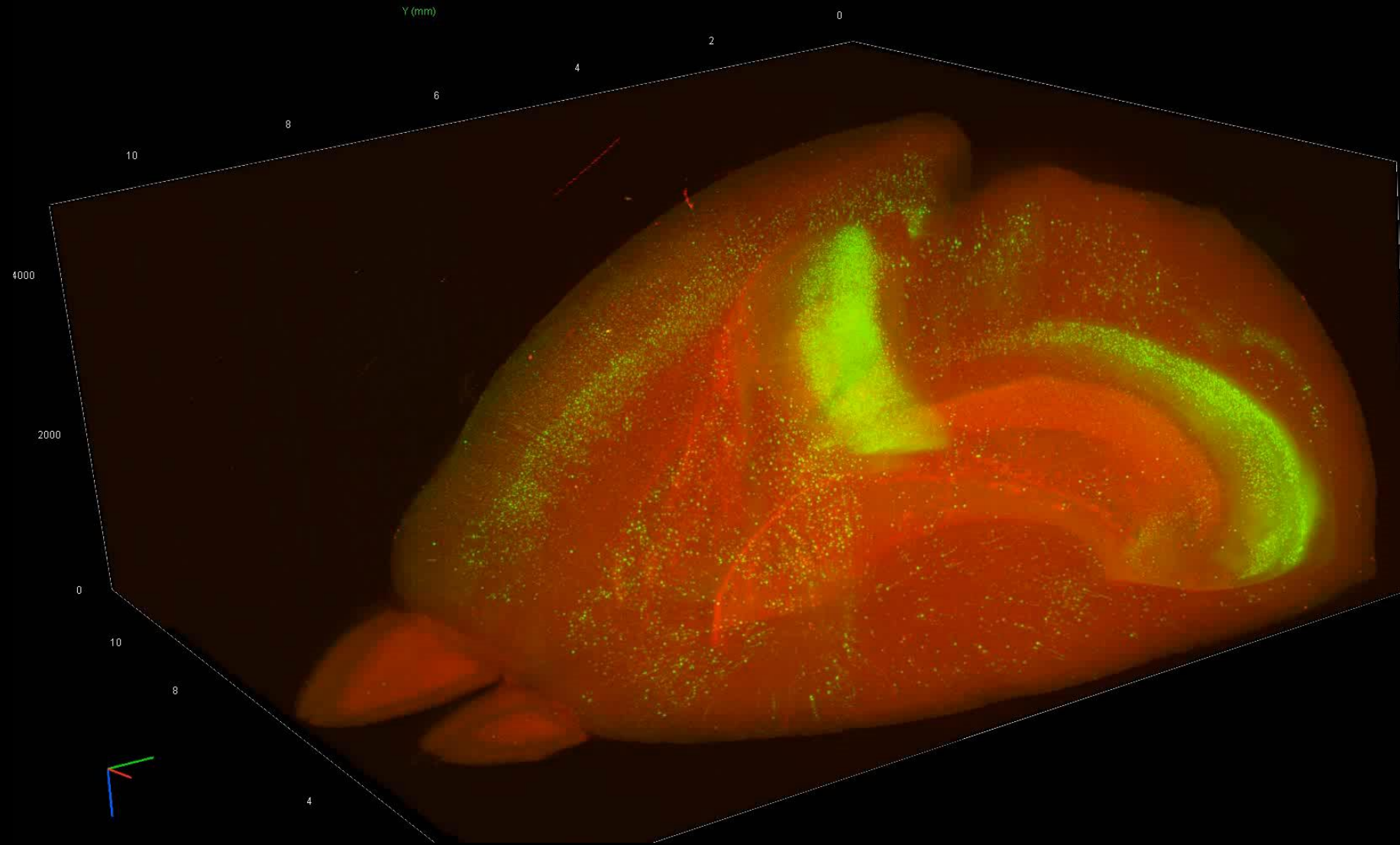
Получение оптических срезов
возбуждением флуоресцентной
метки в плоскости фокуса
образца и построение
трехмерной реконструкции

- высокое разрешение
- (до 0,5 мкм) в объеме целого мозга
- образцы большого размера (до 2 см)
- возможность исследовать образец при разном разрешении

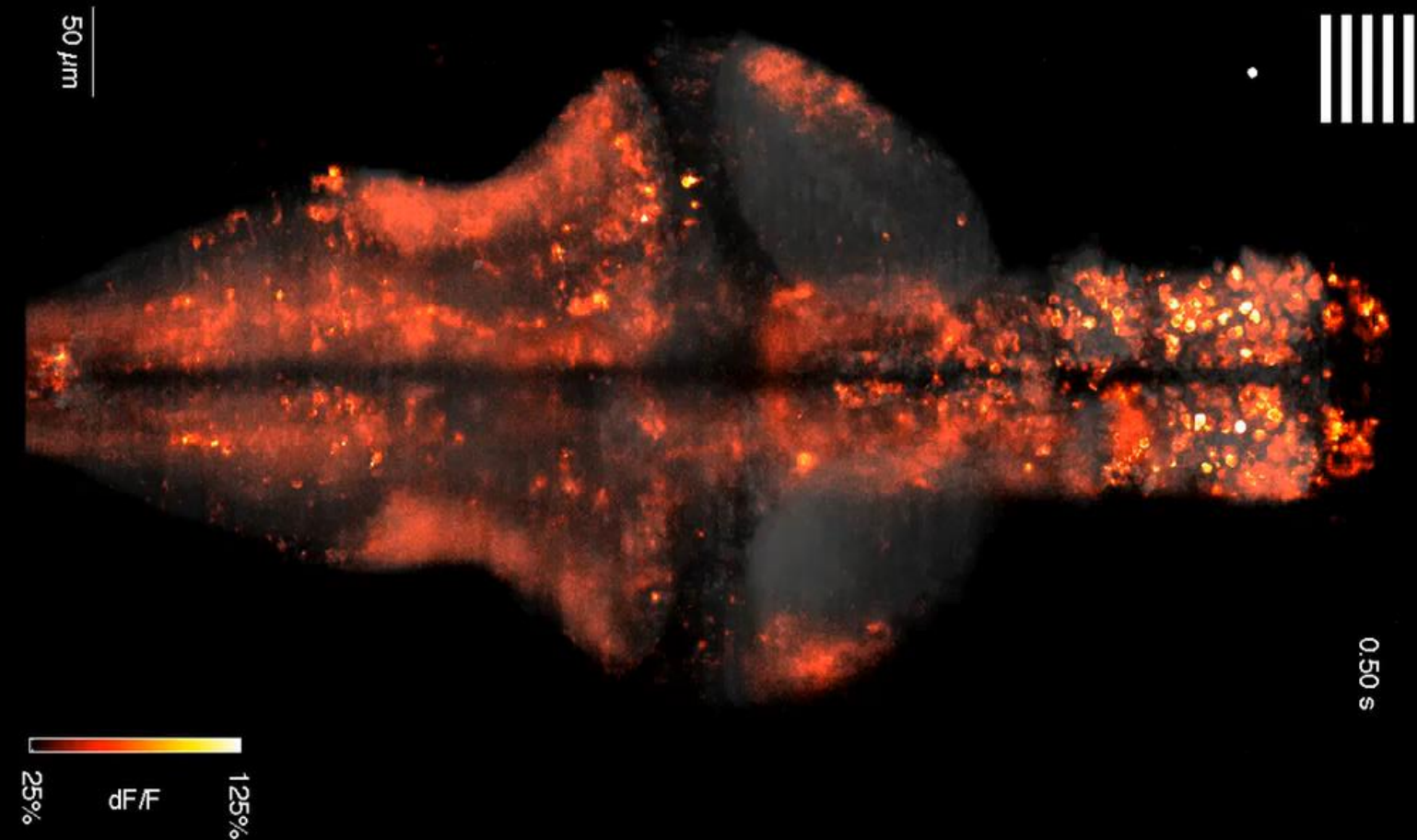


Плоский луч лазера

Плоскочувствительная клеточная микроскопия целого мозга *ex vivo*



Томографическая in vivo визуализация активности всех нейронов мозга *Dania rerio* с клеточным разрешением



Мозг - сложная система

Мозг - сложная динамическая система

Мозг - сложная нелинейная динамическая система

Мозг - сложная нелинейная динамическая **КОГНИТИВНАЯ** система

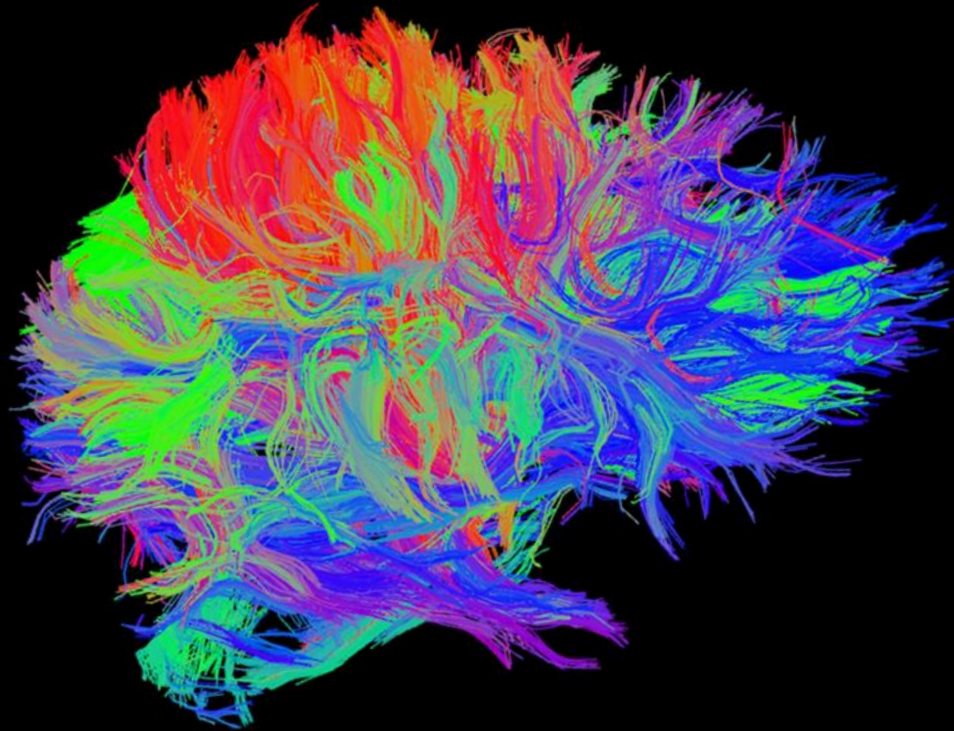
Мозг человека:

10^{11} нейронов

10^{12} мм нейронных отростков

10^{15} контактов

$10^{1000000}$ вариантов комбинаций



Мозг - сложная система

Мозг - сложная динамическая система

Мозг - сложная нелинейная динамическая система

Мозг - сложная нелинейная динамическая **КОГНИТИВНАЯ** система

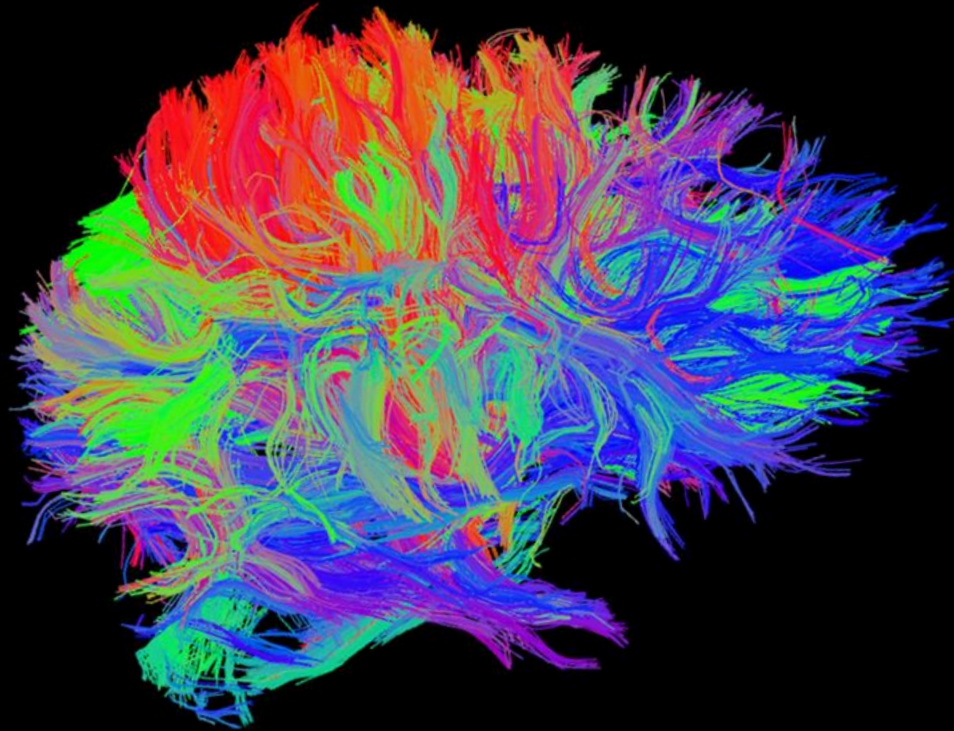
Мозг человека:

10^{11} нейронов

10^{12} мм нейронных отростков

10^{15} контактов

$10^{1000000}$ вариантов комбинаций



Mind

Spatial scales



Meters
(10^0)



Body

Centimeters
(10^{-2})



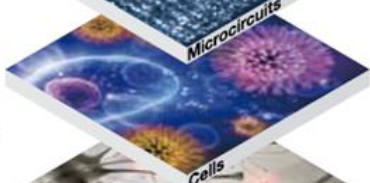
Whole Brain

Millimeters
(10^{-3})



Brain Regions

Micrometers
(10^{-6})



Microcircuits



Cells



Synapses

Nanometers
(10^{-9})



Chromosomes



Proteins



Proteins

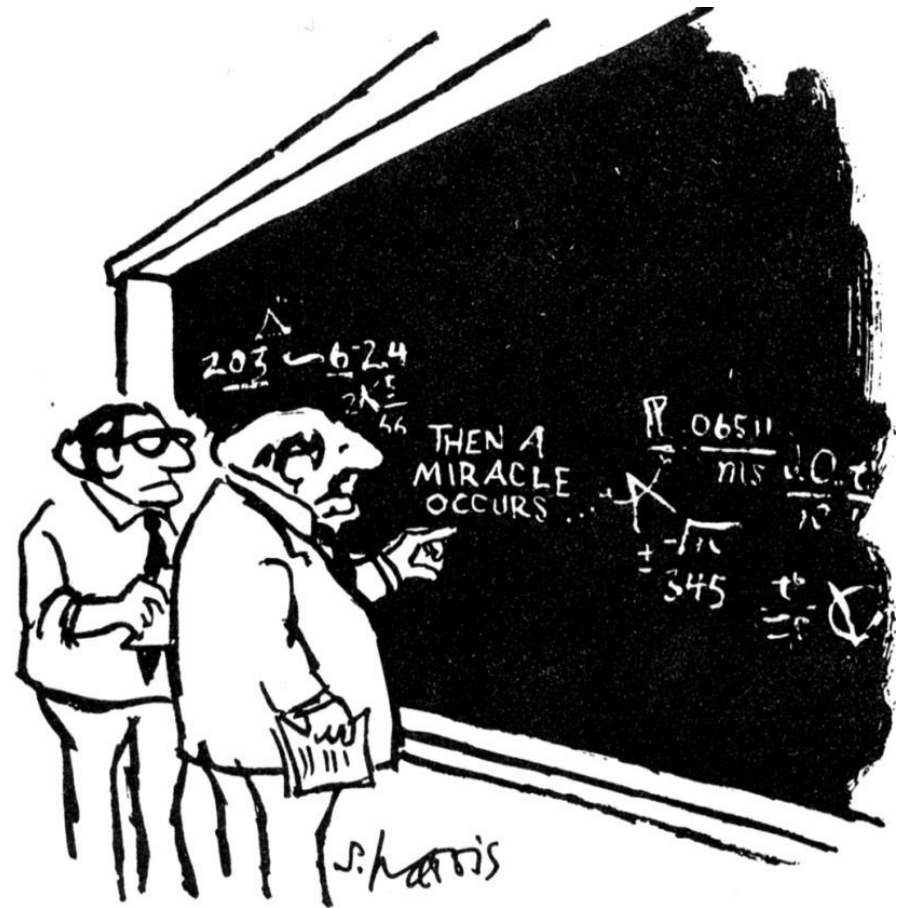
B r a i n

S T R U C T U R E

- More...
- Biology
- Chemistry
- Physics

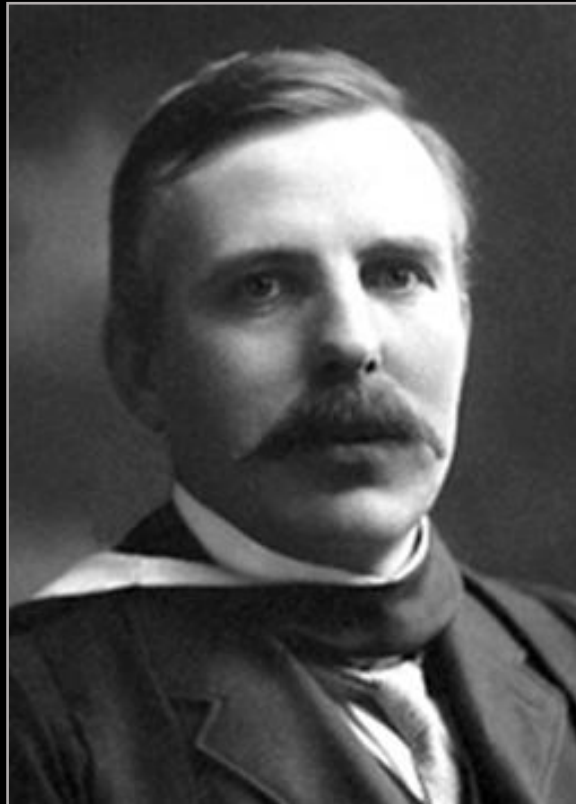
“More is different”

Philip Anderson (1972)



“I THINK YOU SHOULD BE MORE EXPLICIT HERE IN STEP TWO.”

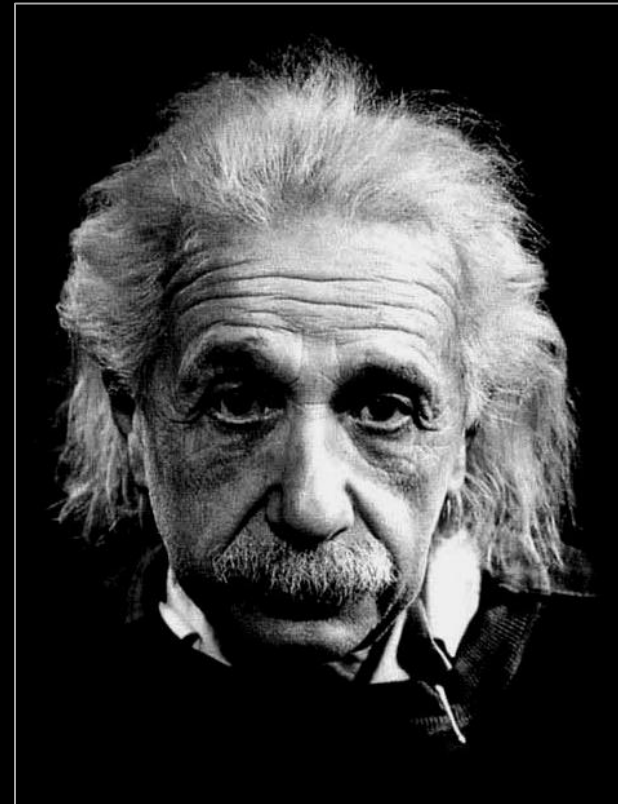
Э. Резерфорд



«Все науки делятся на физику
и коллекционирование бабочек»



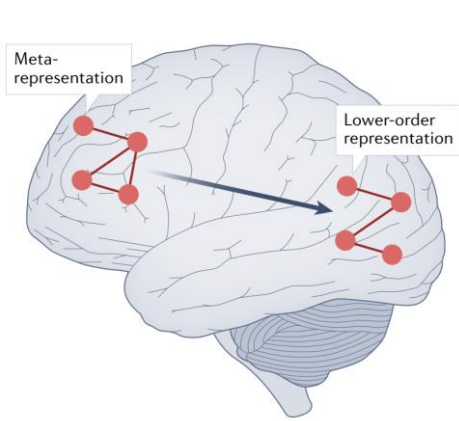
А. Эйнштейн



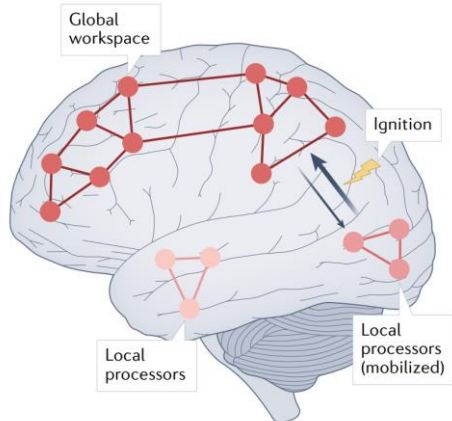
«Когда мы говорим, что мы понимаем
совокупность явлений природы, мы имеем
в виду, что мы нашли конструктивную
теорию, которая охватывает их.»

Theories of consciousness

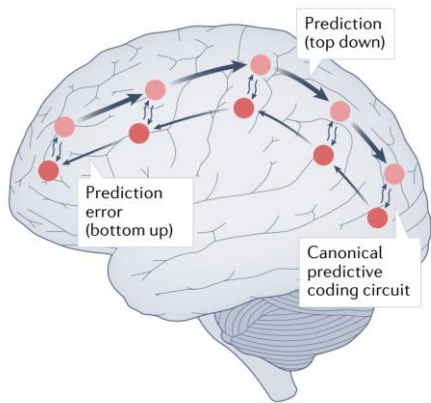
Anil K. Seth ^{1,2}✉ and Tim Bayne^{2,3,4}



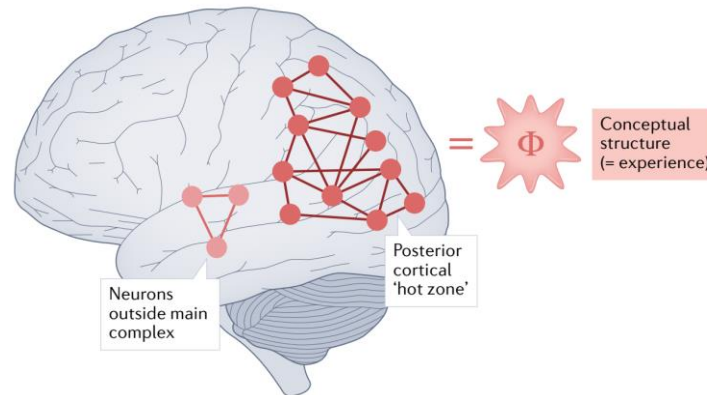
Higher-order theories



Global workspace theories



Re-entry theory and predictive processing



Integrated information theory

Table 1 | A selection of theories of consciousness

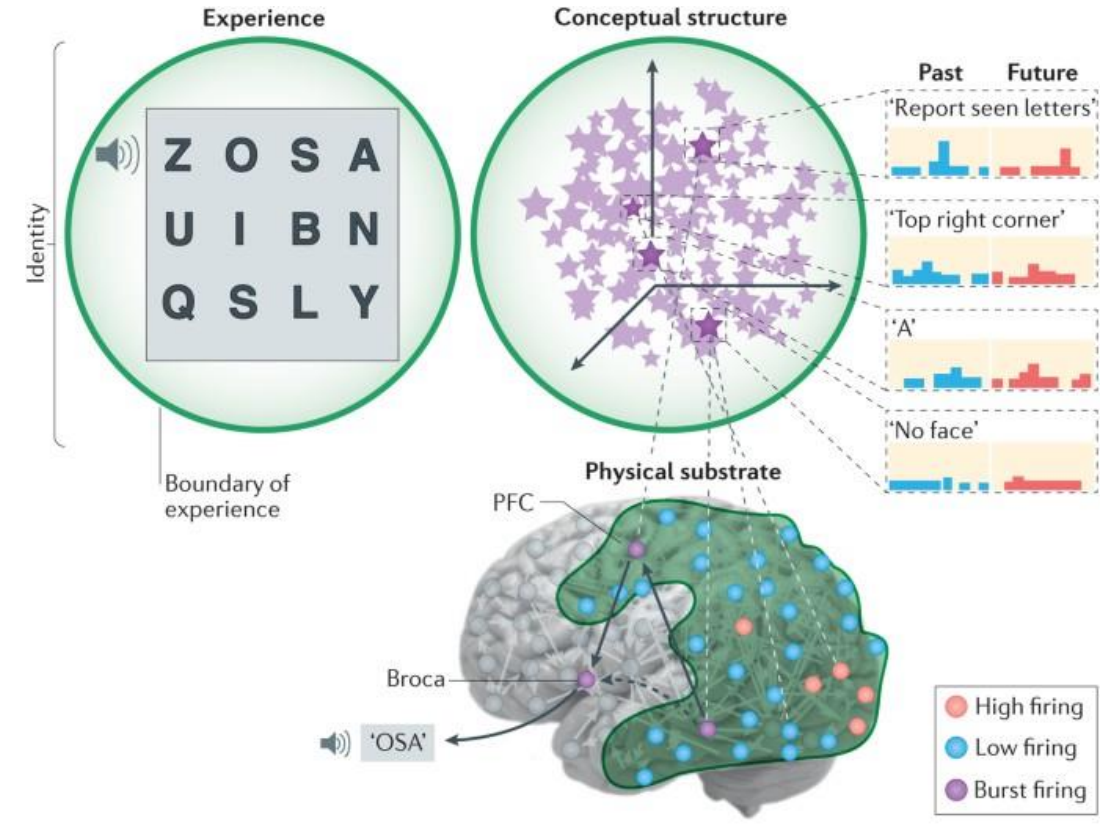
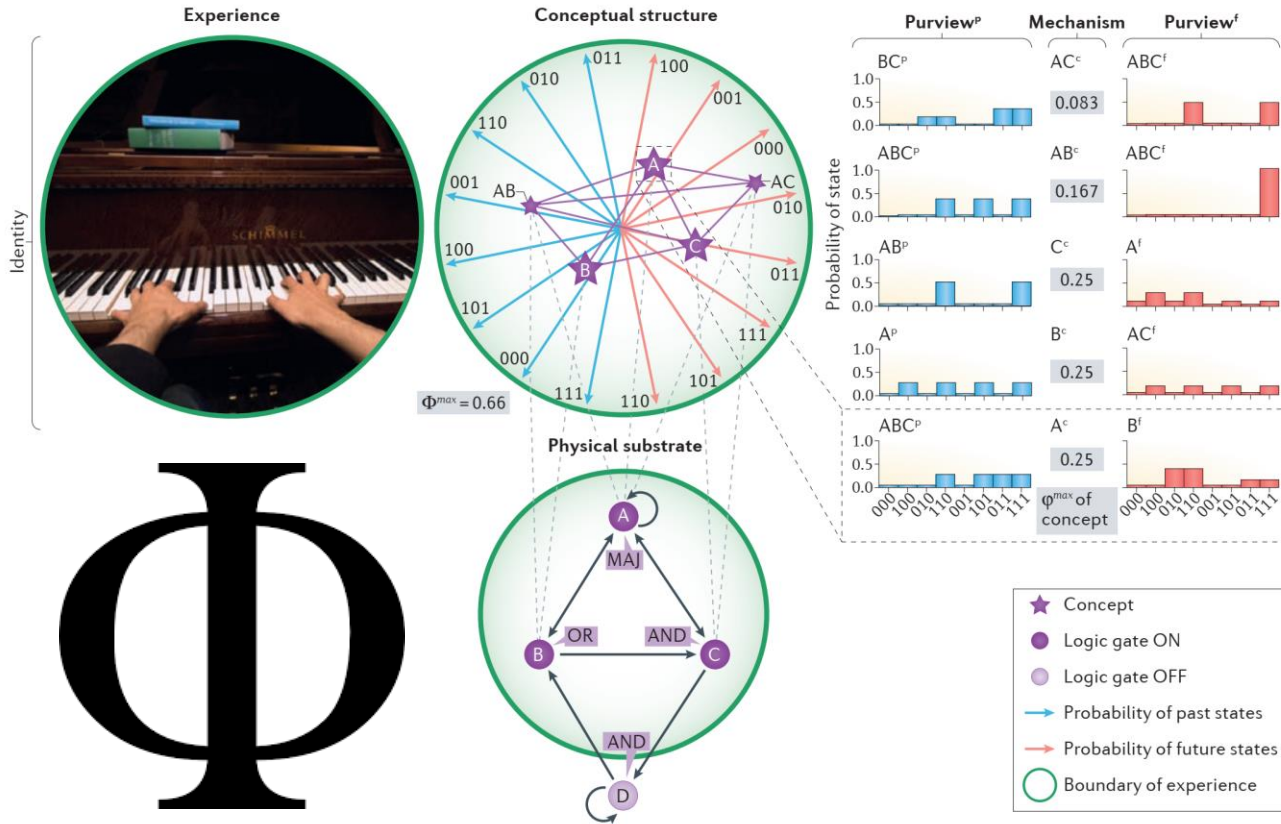
Theory	Primary claim	Key refs
Higher-order theory (HOT)	Consciousness depends on meta-representations of lower-order mental states	31,46
Self-organizing meta-representational theory	Consciousness is the brain's (meta-representational) theory about itself	34,140
Attended intermediate representation theory	Consciousness depends on the attentional amplification of intermediate-level representations	141,142
Global workspace theories (GWTs)	Consciousness depends on ignition and broadcast within a neuronal global workspace where fronto-parietal cortical regions play a central, hub-like role	47–49
Integrated information theory (IIT)	Consciousness is identical to the cause–effect structure of a physical substrate that specifies a maximum of irreducible integrated information	57,59,60
Information closure theory	Consciousness depends on non-trivial information closure with respect to an environment at particular coarse-grained scales	143
Dynamic core theory	Consciousness depends on a functional cluster of neural activity combining high levels of dynamical integration and differentiation	144
Neural Darwinism	Consciousness depends on re-entrant interactions reflecting a history of value-dependent learning events shaped by selectionist principles	145,146
Local recurrency	Consciousness depends on local recurrent or re-entrant cortical processing and promotes learning	65,71
Predictive processing	Perception depends on predictive inference of the causes of sensory signals; provides a framework for systematically mapping neural mechanisms to aspects of consciousness	67,73,79
Neuro-representationalism	Consciousness depends on multilevel neurally encoded predictive representations	84
Active inference	Although views vary, in one version consciousness depends on temporally and counterfactually deep inference about self-generated actions	76; see also ⁹¹
Beast machine theory	Consciousness is grounded in allostatic control-oriented predictive inference	13,75,77; see also ⁹⁰
Neural subjective frame	Consciousness depends on neural maps of the bodily state providing a first-person perspective	24
Self comes to mind theory	Consciousness depends on interactions between homeostatic routines and multilevel interoceptive maps, with affect and feeling at the core	23,147
Attention schema theory	Consciousness depends on a neurally encoded model of the control of attention	148
Multiple drafts model	Consciousness depends on multiple (potentially inconsistent) representations rather than a single, unified representation that is available to a central system	149
Sensorimotor theory	Consciousness depends on mastery of the laws governing sensorimotor contingencies	88
Unlimited associative learning	Consciousness depends on a form of learning which enables an organism to link motivational value with stimuli or actions that are novel, compound and non-reflex inducing	150
Dendritic integration theory	Consciousness depends on integration of top-down and bottom-up signalling at a cellular level	151
Electromagnetic field theory	Consciousness is identical to physically integrated, and causally active, information encoded in the brain's global electromagnetic field	152
Orchestrated objective reduction	Consciousness depends on quantum computations within microtubules inside neurons	85

Integrated information theory: from consciousness to its physical substrate

Giulio Tononi, Melanie Boly, Marcello Massimini and Christof Koch

PERSPECTIVES

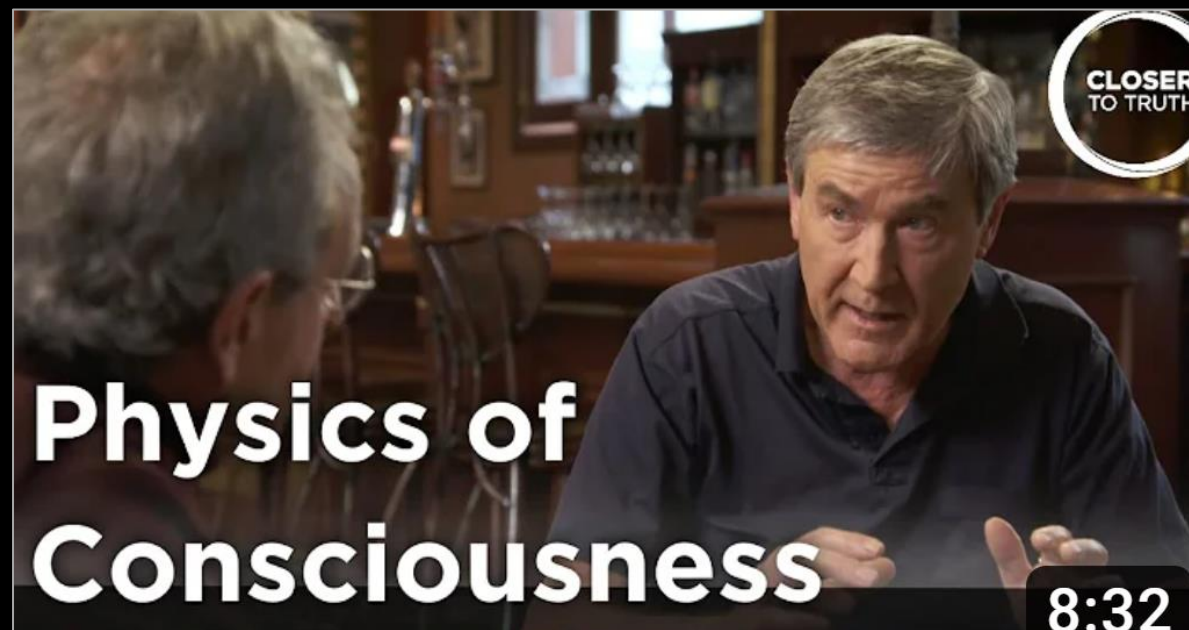
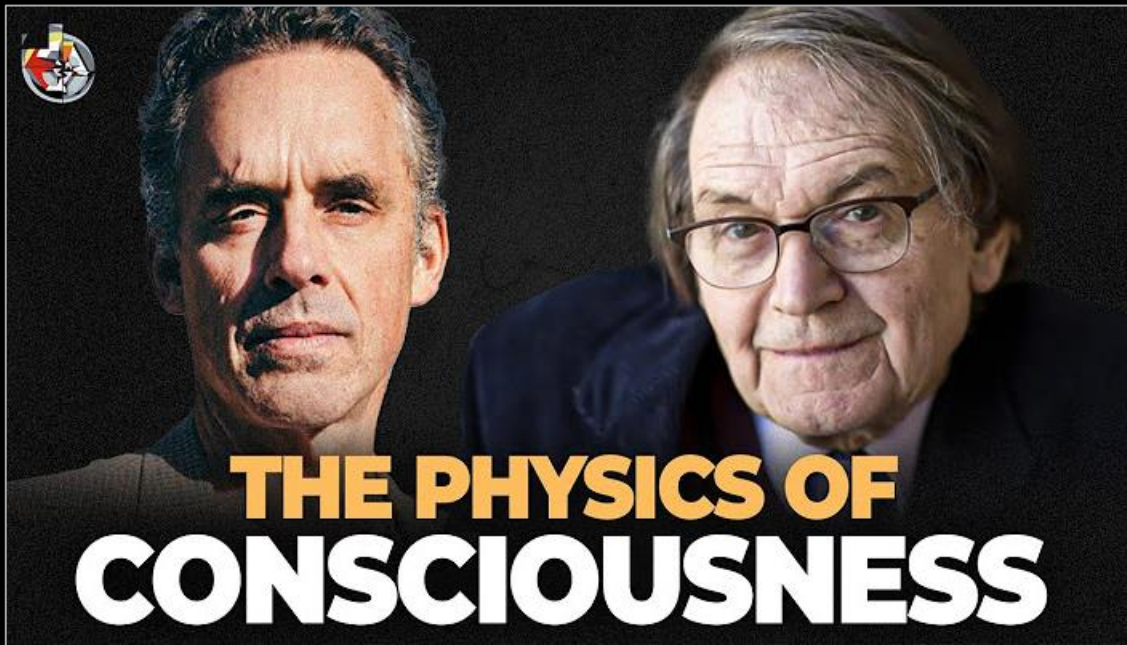
NATURE REVIEWS | NEUROSCIENCE



Consciousness & the Brain: John Searle at TEDxCERN



https://www.youtube.com/watch?v=j_OPQgPIdKg



A New Theory in Physics Claims to Solve the Mystery of Consciousness

Featured

Neuroscience

Open Neuroscience Articles

· August 11, 2022

 **frontiers** | Frontiers in **Psychology**

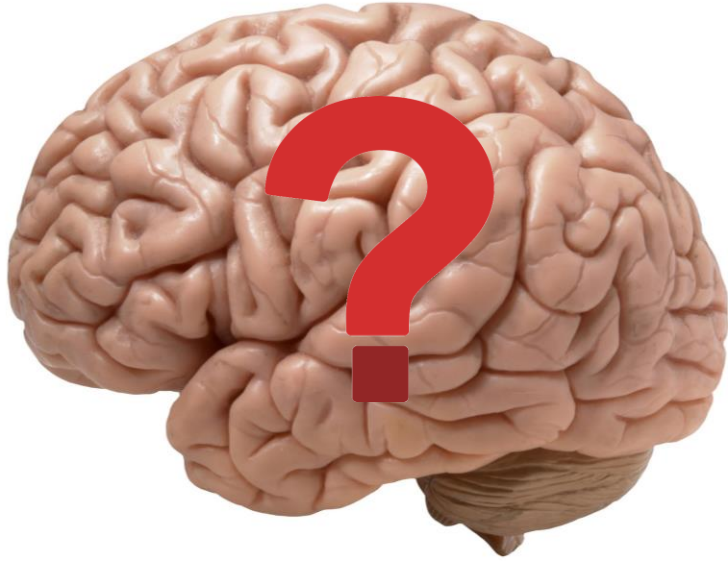
HYPOTHESIS AND THEORY
published: 12 May 2022
doi: 10.3389/fpsyg.2021.704270

A Relativistic Theory of Consciousness

Nir Lahav^{1} and Zachariah A. Neemeh^{2,3}*

¹ Department of Physics, Bar-Ilan University, Ramat Gan, Israel, ² Department of Philosophy, The University of Memphis, Memphis, TN, United States, ³ Institute for Intelligent Systems, The University of Memphis, Memphis, TN, United States

What is brain?



“The idea that we have a firm grasp of what the brain is and what it does is a pure folly.”

Antonio Damasio

We'd better treat the brain as an unknown known and start from the beginning.

What is brain?

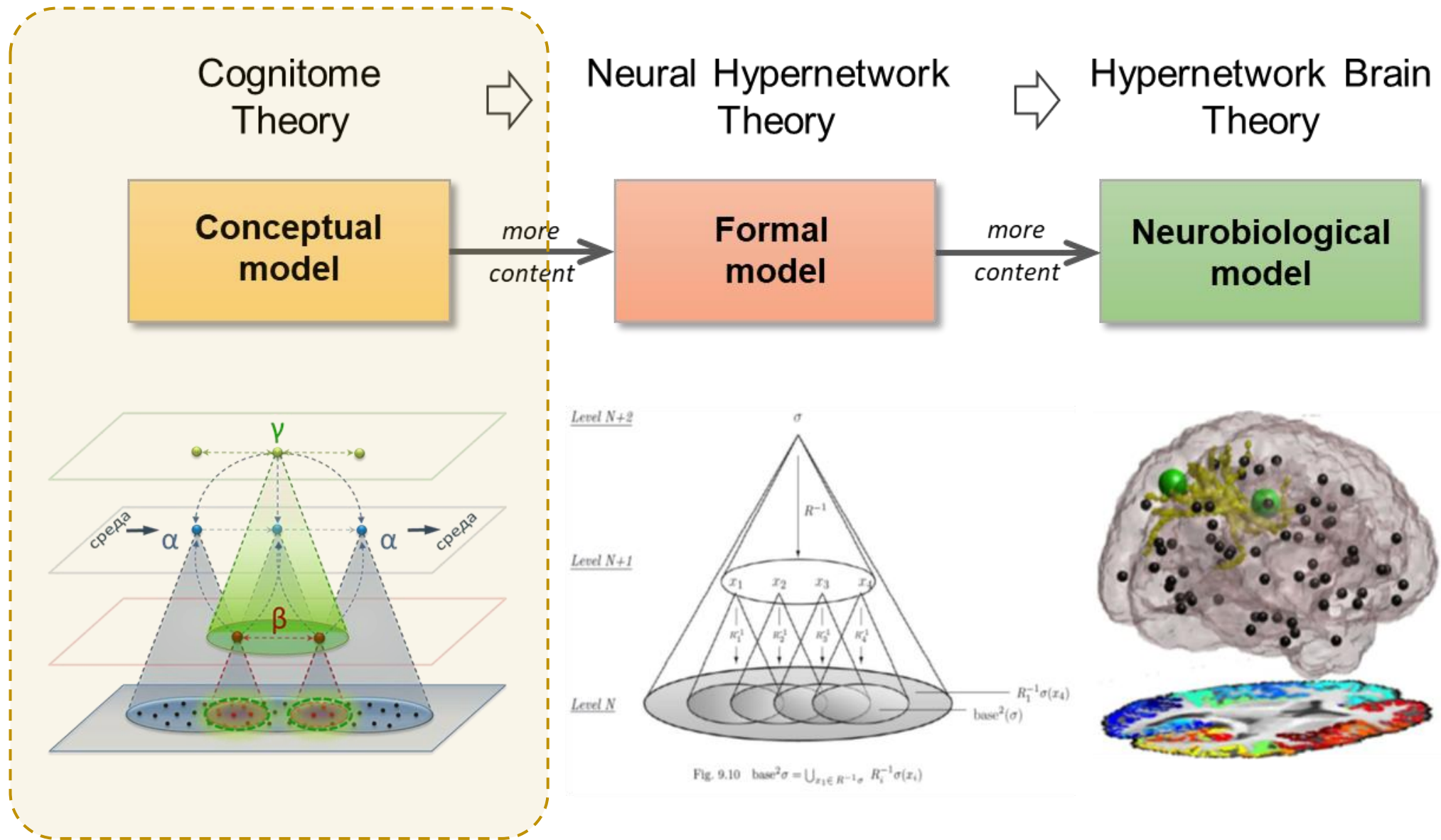


The Hypernetwork Brain Theory (HBT)*

- The HBT states the brain at its maximal level of existence (E_{max}) is not the neural network (N), but a higher order structure – neural hypernetwork ($N+1$).
- $N+1$ is not simply more than N , it is different.

* K.V. Anokhin (2015) Cognitome – the hypernetwork brain model. 9th IBRO World Congress of Neuroscience. 325/240

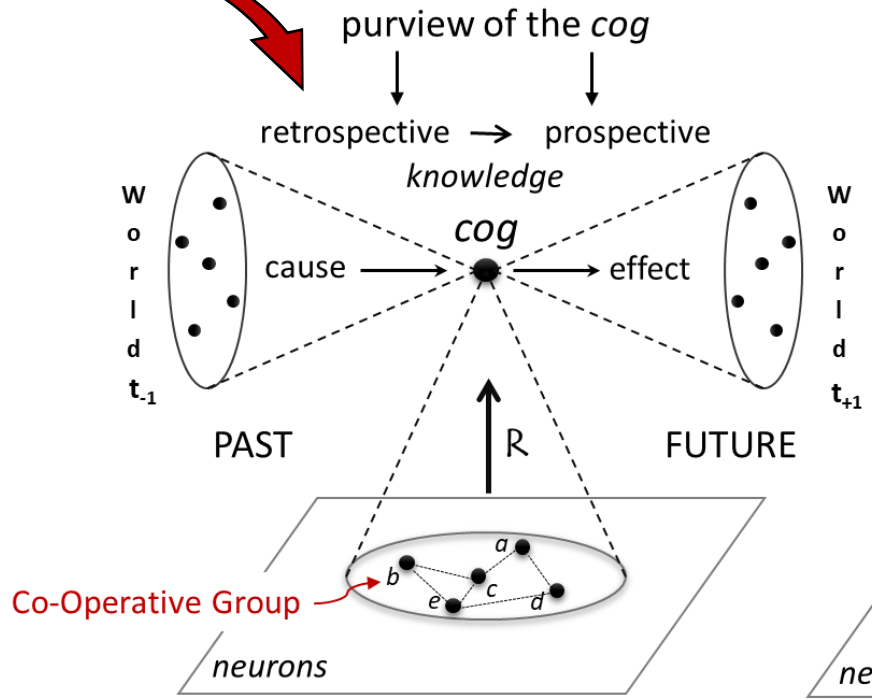
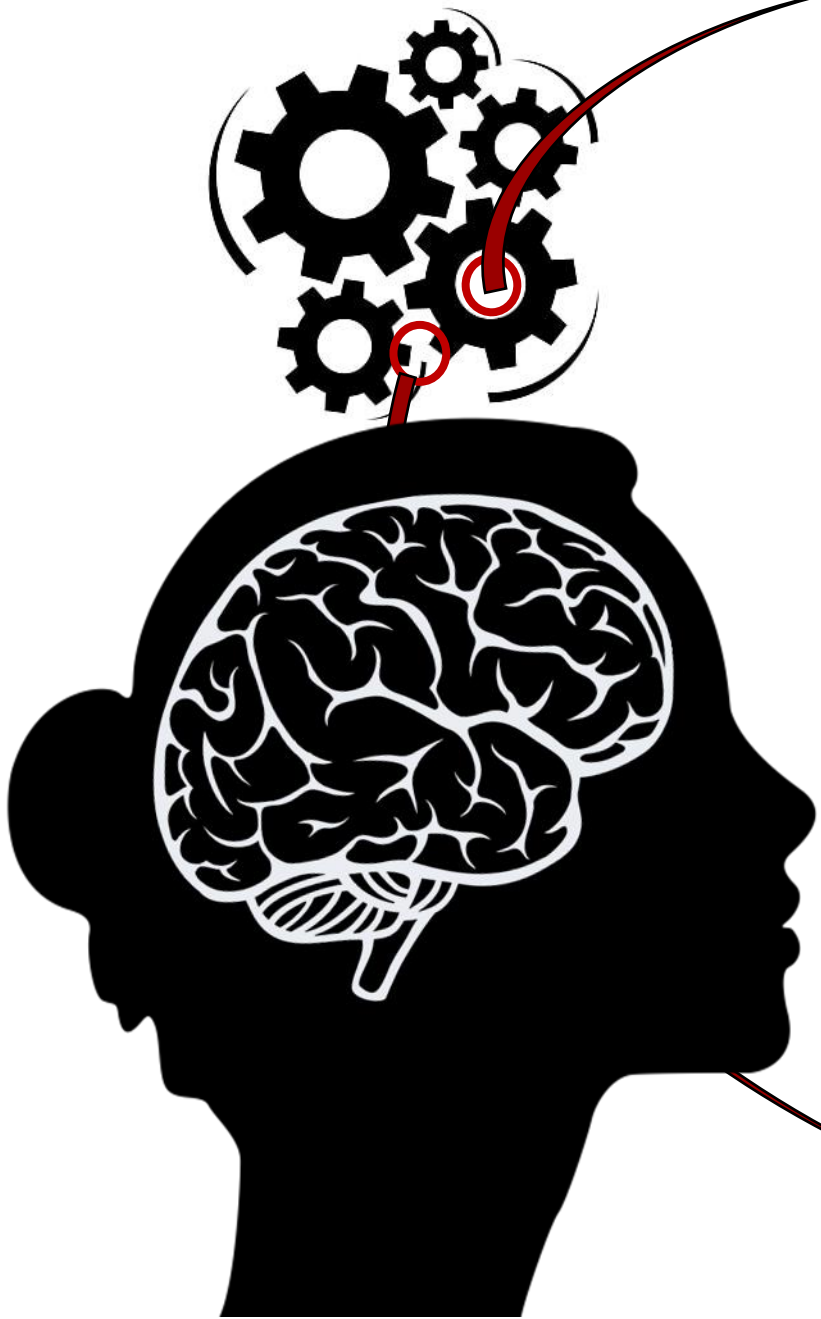
The hypernetwork brain theory



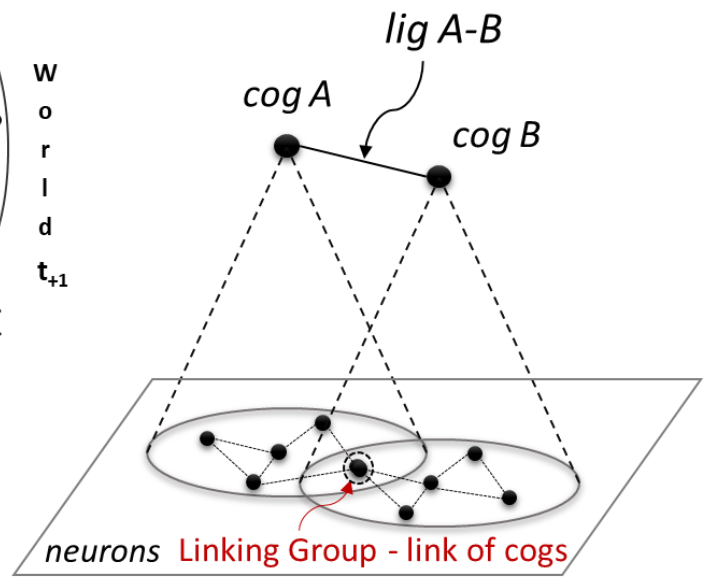
Три фундаментальных понятия ГТМ

- Разум (*mind*) реален – это специфическая органическая и математическая структура (К-сеть), опосредующая каузальные соотношения когнитивного агента (К-агента) со средой.
- Чтобы описать элементы и свойства этой специфической системы требуется введение новых фундаментальных научных понятий.

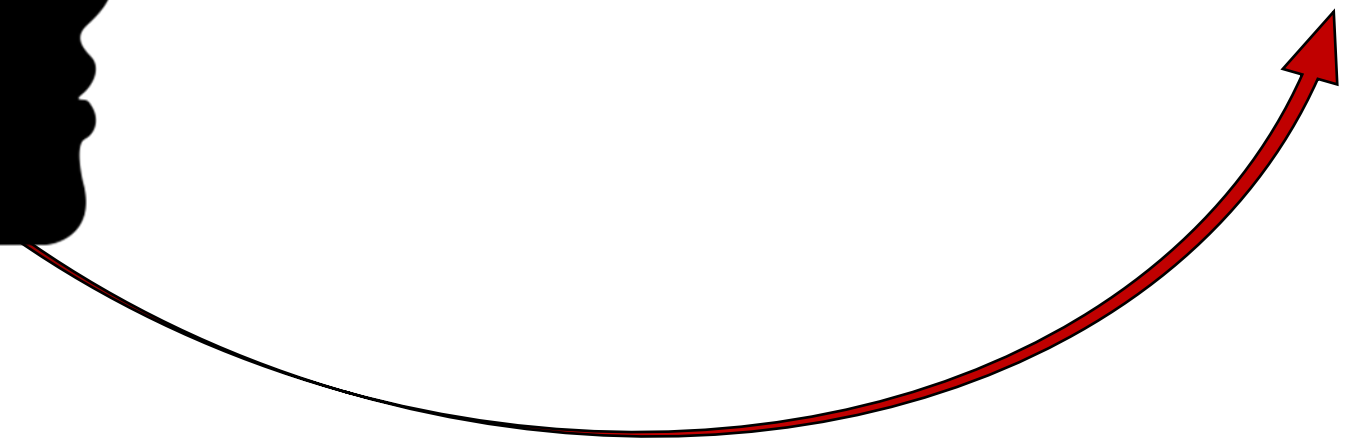
№	Понятия	Утверждения теории	Следствия
1	КОГ (COG): cognitive group (<i>k</i> -unit)	Разум обладает зернистой структурой, он состоит из когнитивных элементов (<i>k</i> -элементов). <i>K</i> -элементы опосредуют каузальные (= информационные) соотношения целостного когнитивного агента с его средой.	Разум гранулярен
2	ЛИГ (LIG): link of groups (<i>k</i> -unit)	<i>K</i> -элементы образуют между собой устойчивые когнитивные связи (<i>k</i> -связи). <i>K</i> -связи отражают причинные связи элементов и процессов в среде и в соотношениях когнитивного агента с ней.	Элементы разума увязаны
3	КОГНИТОМ (cognitome): cognitive network	<i>K</i> -элементы и <i>k</i> -связи образуют единую когнитивную сеть (<i>K</i> -сеть). <i>K</i> -сеть является носителем субъективного опыта когнитивного агента.	Разум системен

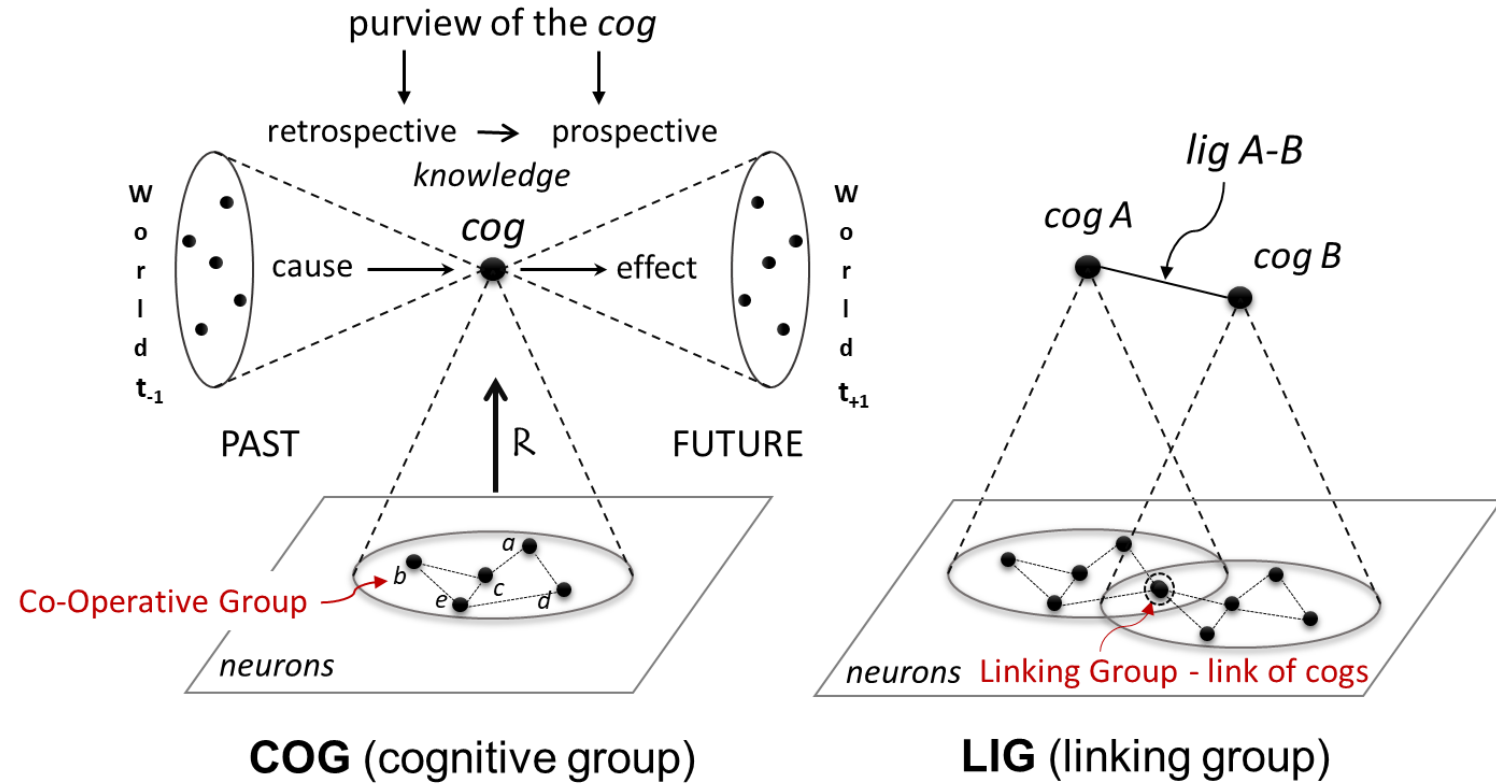


COG (cognitive group)



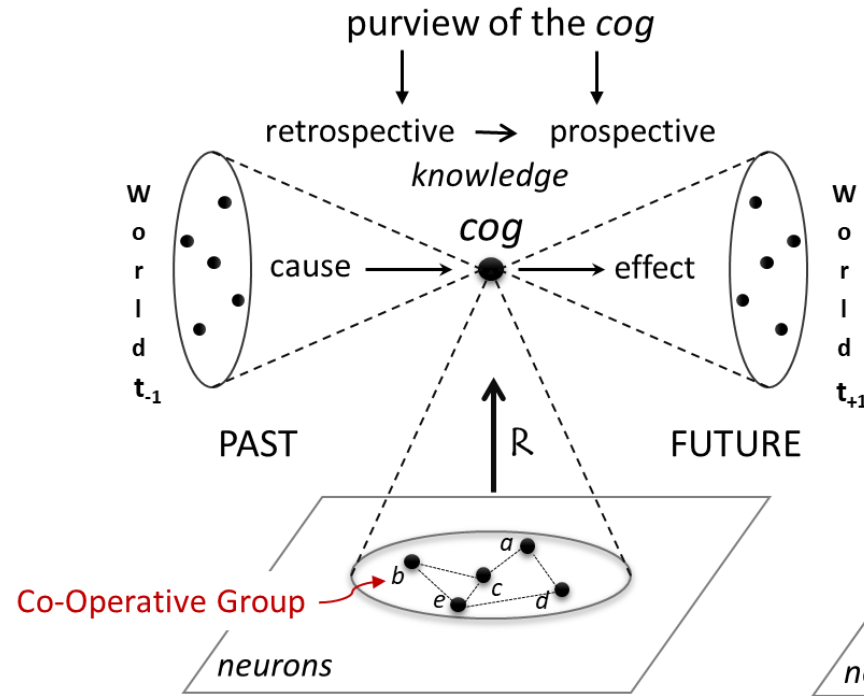
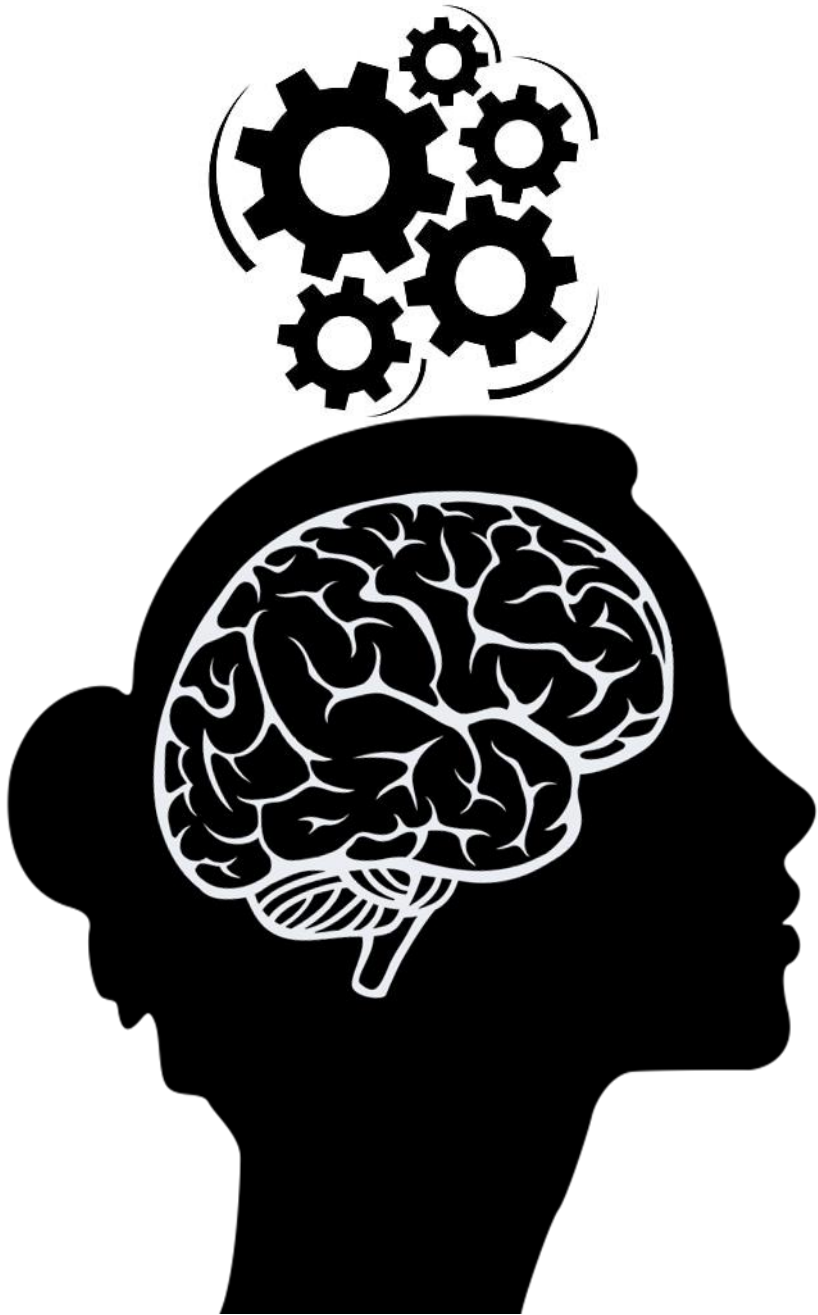
LIG (linking group)



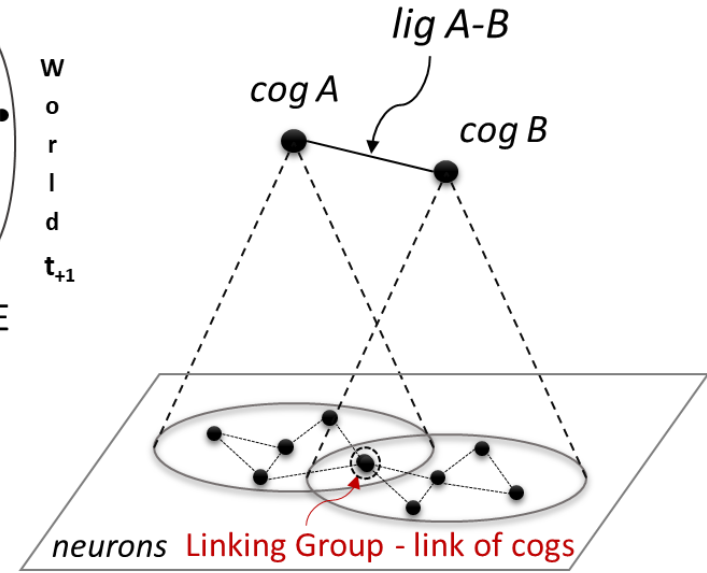


The term **COG** has a double meaning in HBT:

1. “**Cog**” in English is a subordinate, but integral part of the whole system. In HBT cog is a unit of qualitatively specific experience, a separate element in the mental system.
2. **COG** (abbreviation) is a neural cognitive group (**CO**gnitive **G**roup – **COG**), whose activity sustain a specific experience.



COG (cognitive group)



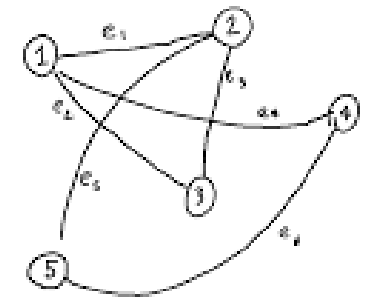
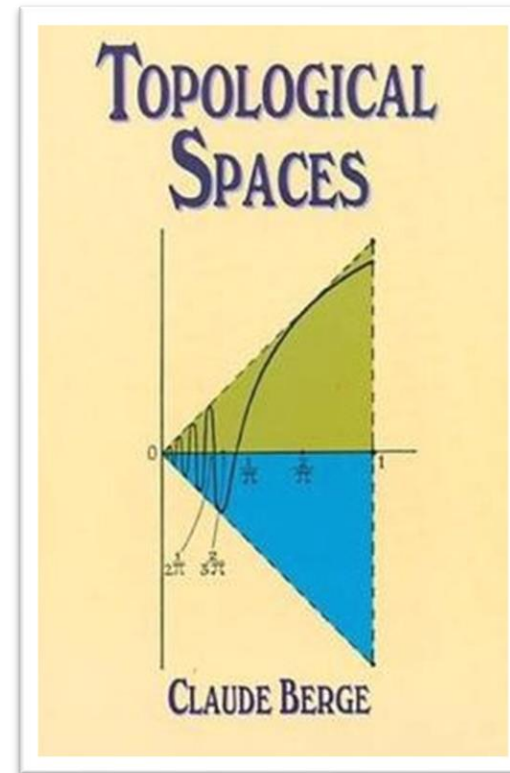
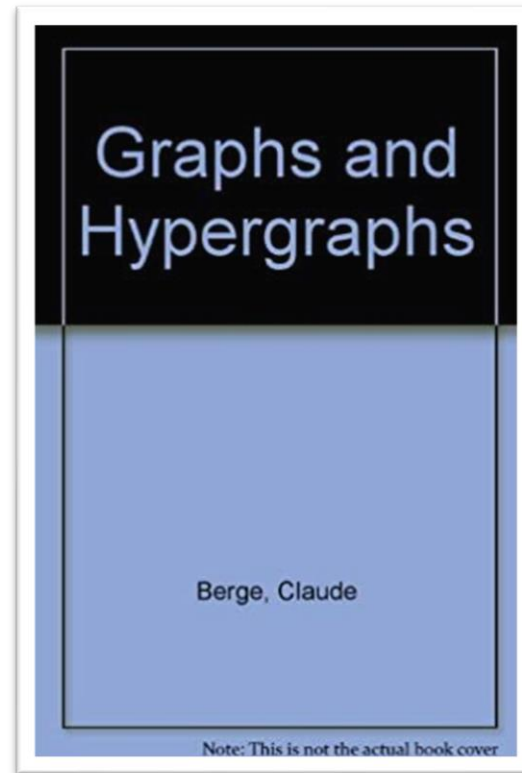
LIG (linking group)

The term **LIG** (**L**inking **G**roup) reflects a specific feature of connections in a hypernetwork – they are not edges, like axons a neural network, but network nodes – neurons.

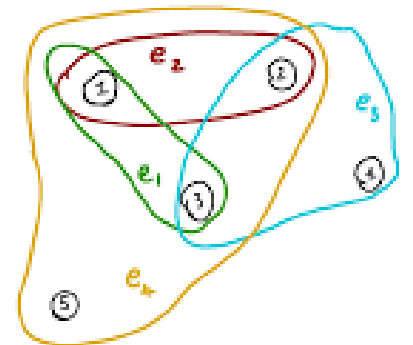
I. Hypergraphs



Claude Jacques Roger
Berge

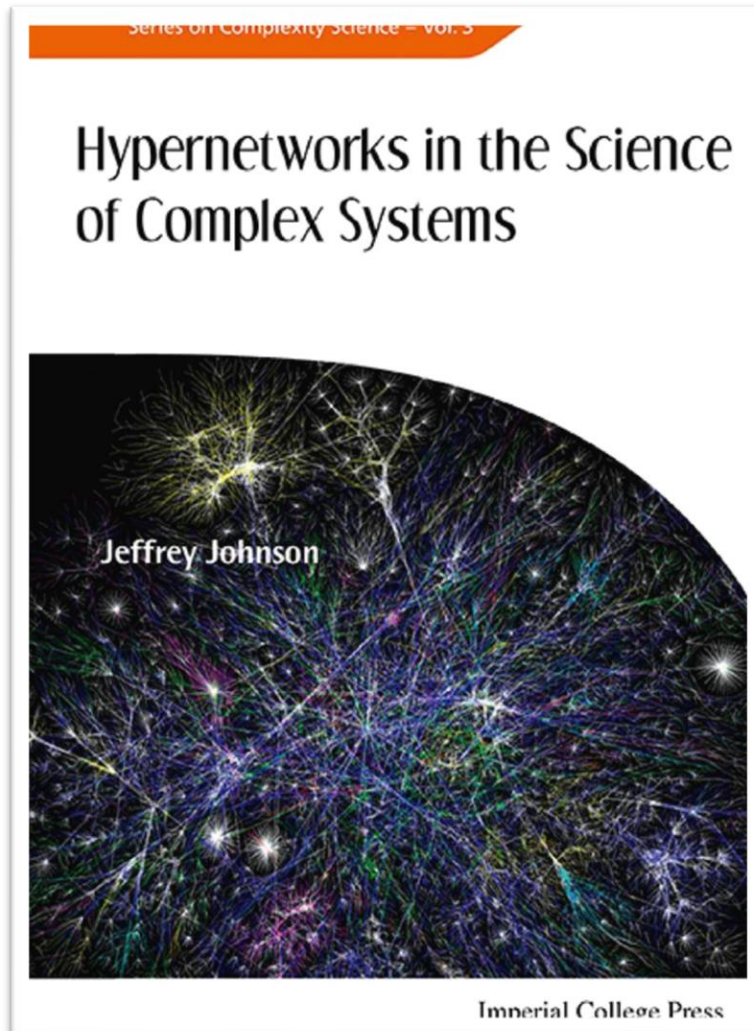


Graph

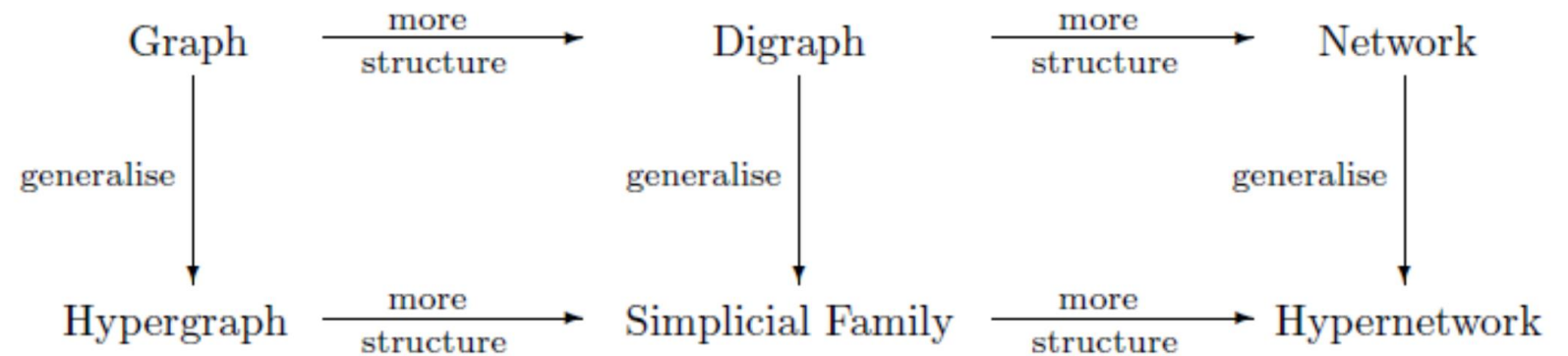


Hypergraph

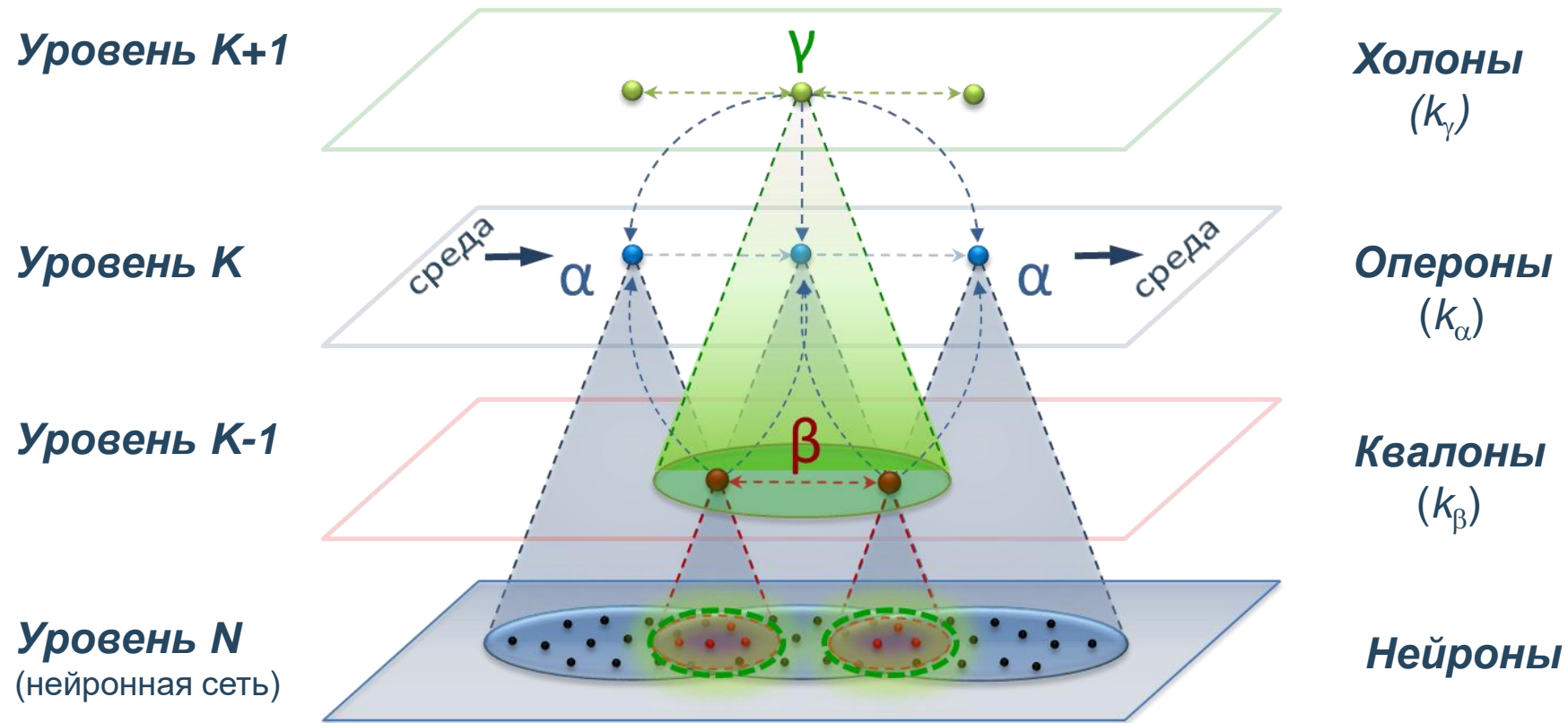
II. Hypernetworks



Hypernetworks are a natural extension of graphs, hypergraphs and networks



Нейронная гиперсеть состоит из трех видов элементов

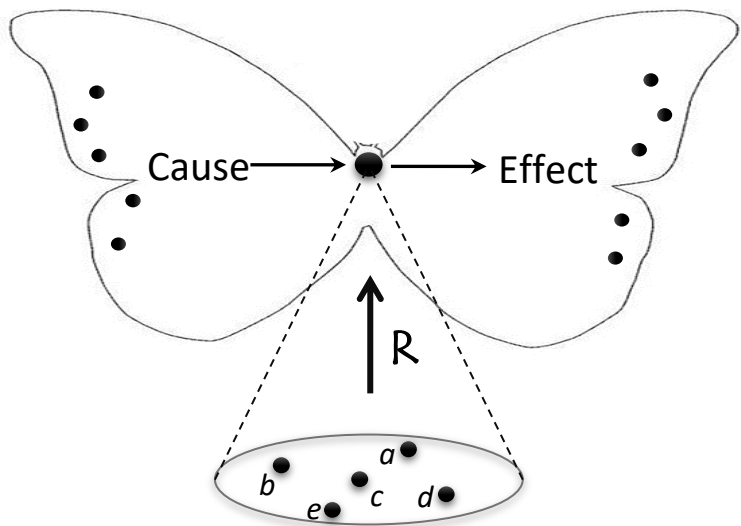


Опероны определяют движущие силы и генеративные процессы в K -системах

Квалоны образуют дискретное многообразие категориальных элементов в K -системах

Холоны определяют целостные качественные состояния в K -системах

W
o
r
l
d

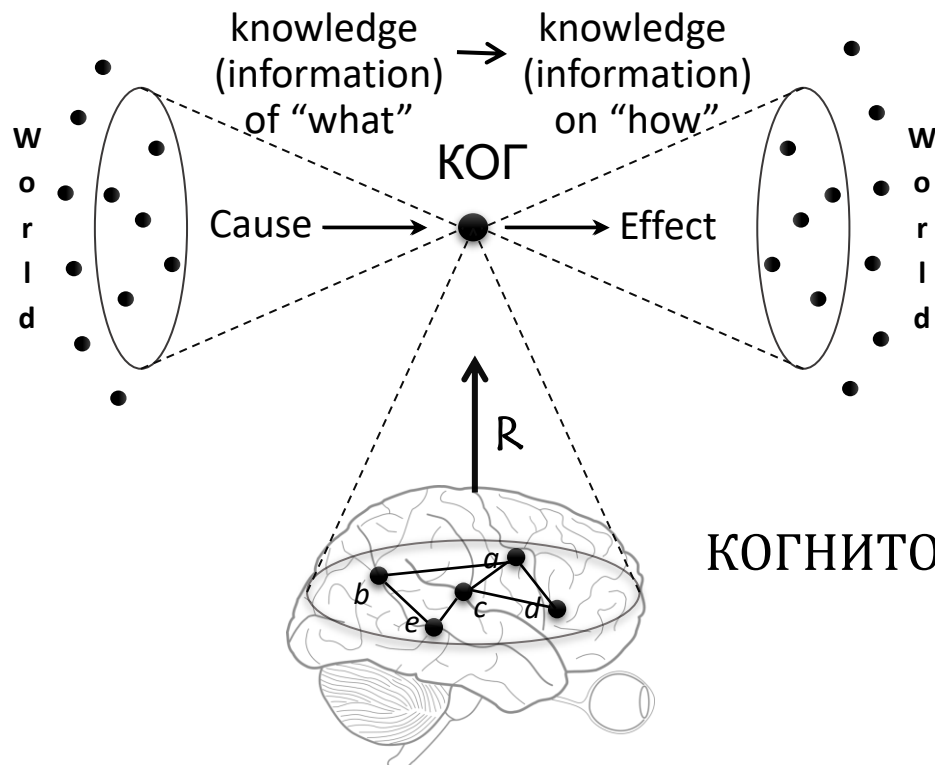


W
o
r
l
d

- Мозг состоит из КОГов – когнитивных клеточных групп;
- Эти КОГи и есть «бабочки души»;
- Каждый раз, когда генерируется одна из максимальных степеней свободы мозга, рождается новая «бабочка души».



распределение вероятностей состояний на t_{-1}



распределение вероятностей состояний на t_{+1}

КОГНИТОМ



Спасибо за внимание!

