

ОТКРЫТЫЙ  
ИЗФАК

# К чему приводит межпредметный взгляд на мир

МАКУРЕНКОВ  
Александр Михайлович

доцент, к.ф.-м.н.  
[MAKURENKOV@PHYSICS.MSU.RU](mailto:MAKURENKOV@PHYSICS.MSU.RU)



[MAKURENKOV@PHYSICS.MSU.RU](mailto:MAKURENKOV@PHYSICS.MSU.RU)

КАФЕДРА МЕДИЦИНСКОЙ ФИЗИКИ

НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ШКОЛА МГУ  
«ФОТОННЫЕ И КВАНТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.  
ЦИФРОВАЯ МЕДИЦИНА»

## АЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ МАКУРЕНКОВ

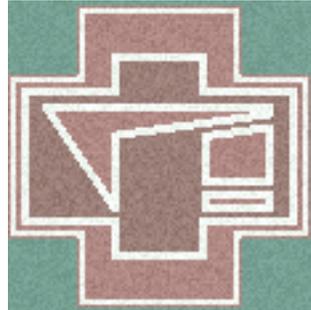
- Научные интересы: **физические основы перспективных медицинских технологий, работа мозга и сознания, терагерцовая спектроскопия биообъектов, мультаядерная магнитная томография, экстремальные состояния воды.**
- Доцент кафедры медицинской физики, кандидат физико-математических наук
- Заведующий бакалавриатом физического факультета МГУ (2012-2018)
- Заместитель Председателя Федерального учебно-методического объединения «Физика и астрономия»
- Руководитель проектов междисциплинарных исследований
- Организатор проектов международного сотрудничества, стажировок студентов и международных конференций



Академик РАН

## ВЛАДИСЛАВ ЯКОВЛЕВИЧ ПАНЧЕНКО

- Вице-президент Российской академии наук
- Заведующий кафедрой медицинской физики физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова
- Председатель совета Российского центра научной информации (бывш. РФФИ)
- Вице-президент НИЦ «Курчатовский институт»
- Председатель Федерального учебно-методического объединения высшего образования «Физика и астрономия»
- Научный руководитель Института проблем лазерно-информационных технологий ФНИЦ» «Кристаллография и фотоника»
- **Многokратный участник Летней школы учителей физики**

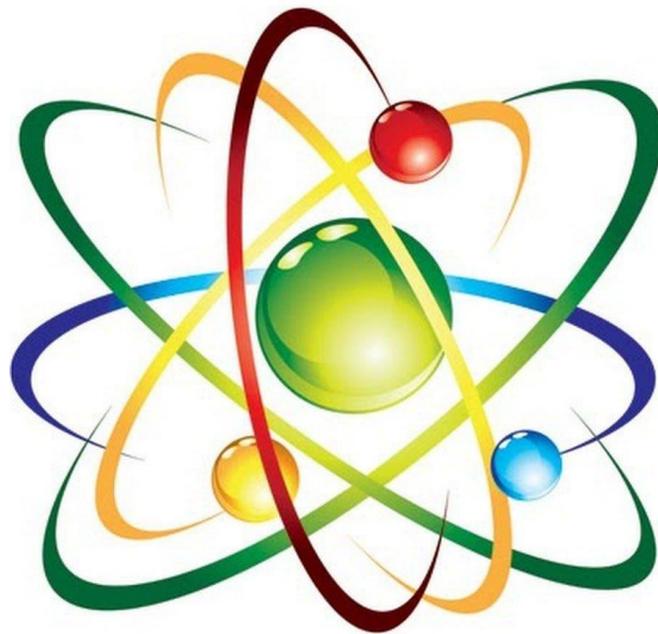


## КАФЕДРА МЕДИЦИНСКОЙ ФИЗИКИ

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ МГУ ИМ. М.В. ЛОМОНОСОВА

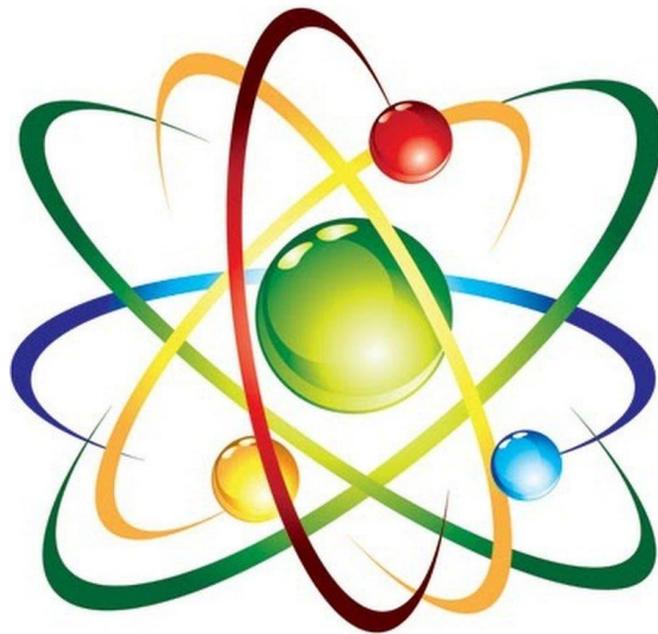
- Кафедра создана в 2001 году
- В 2001-2003 гг. набор на кафедру по отдельной специальности «Медицинская физика» (20 студентов)
- С 2003 года набор на кафедру в рамках общей специальности «Физика» (10-15 студентов из ~400)
- Распределение по кафедрам в конце 2го курса
- Выбор кафедры студентами на 1 -2 курсе (18-19 лет)

## КАК ВЫБРАТЬ СВОЮ КАФЕДРУ В 18-19 ЛЕТ?



В ШКОЛЕ ИЗУЧАЛ В ОСНОВНОМ  
ФИЗИКУ

## КАК ВЫБРАТЬ СВОЮ КАФЕДРУ В 18-19 ЛЕТ?

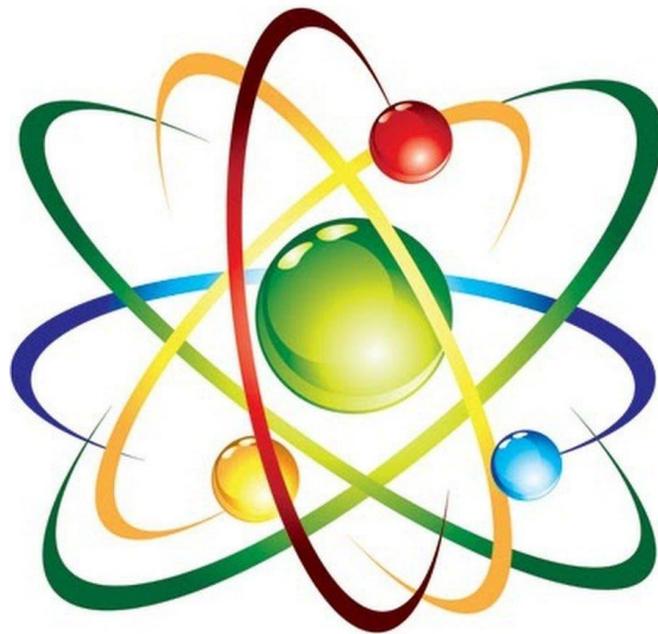


В ШКОЛЕ ИЗУЧАЛ В ОСНОВНОМ  
ФИЗИКУ  
= ГОТОВИЛСЯ К ЕГЭ

## КАК ВЫБРАТЬ СВОЮ КАФЕДРУ В 18-19 ЛЕТ?



БИОЛОГИЯ

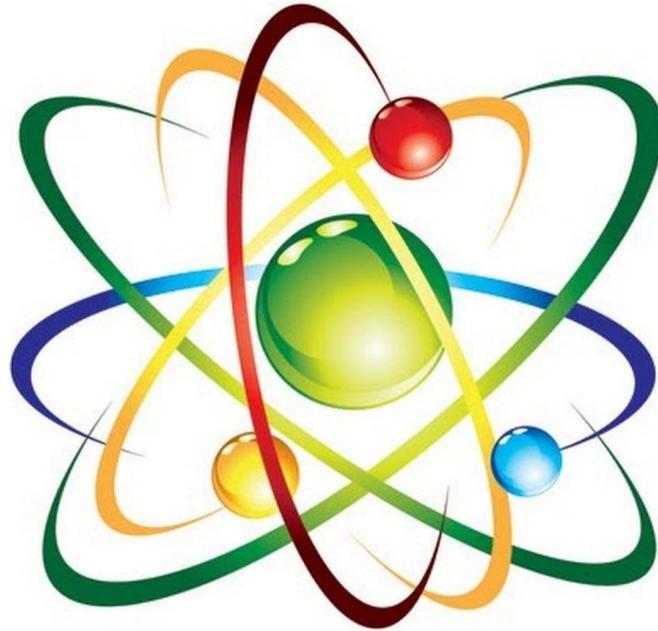


В ШКОЛЕ ИЗУЧАЛ В ОСНОВНОМ  
ФИЗИКУ  
= ГОТОВИЛСЯ К ЕГЭ

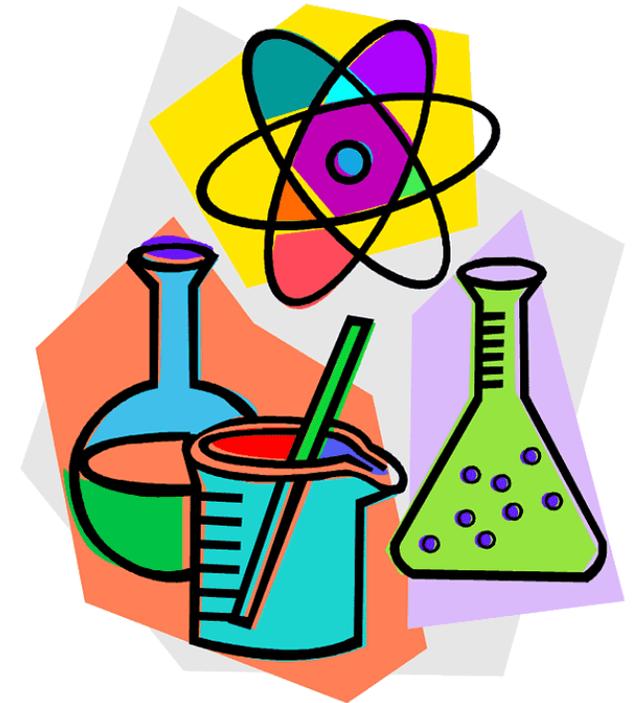
## КАК ВЫБРАТЬ СВОЮ КАФЕДРУ В 18-19 ЛЕТ?



БИОЛОГИЯ



В ШКОЛЕ ИЗУЧАЛ В ОСНОВНОМ  
ФИЗИКУ  
= ГОТОВИЛСЯ К ЕГЭ

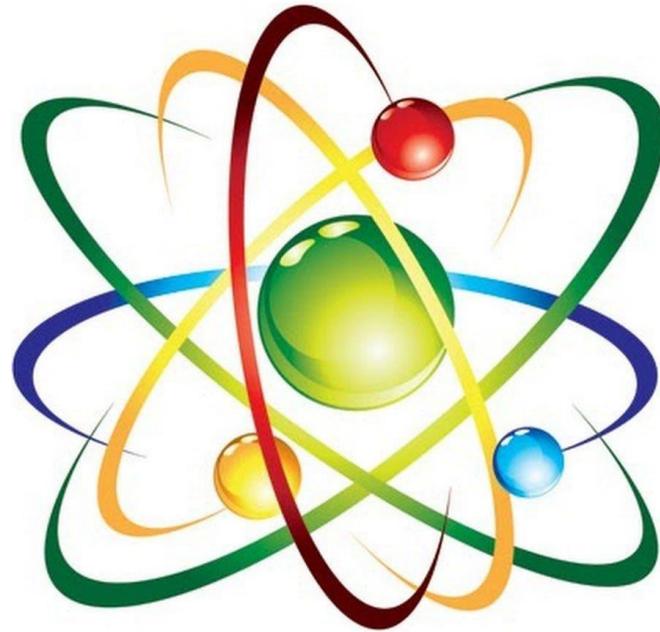


ХИМИЯ

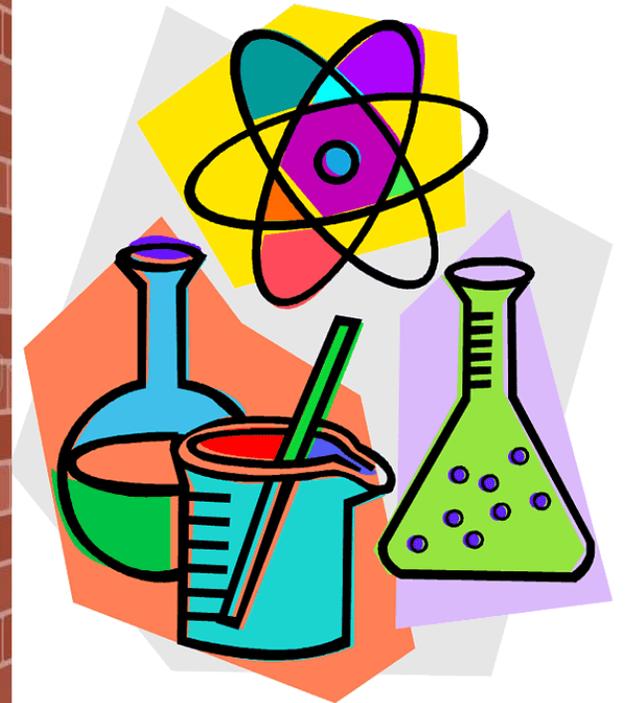
## КАК ВЫБРАТЬ СВОЮ КАФЕДРУ В 18-19 ЛЕТ?



БИОЛОГИЯ



В ШКОЛЕ ИЗУЧАЛ В ОСНОВНОМ  
ФИЗИКУ  
= ГОТОВИЛСЯ К ЕГЭ



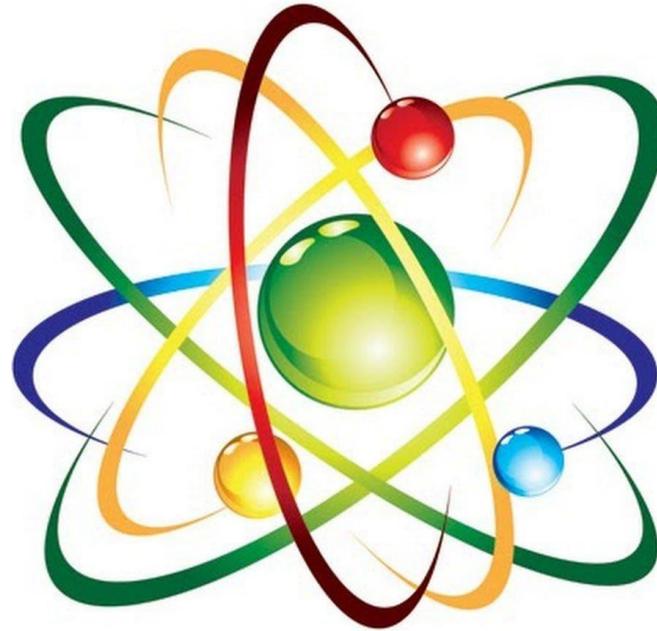
ХИМИЯ

## КАК ВЫБРАТЬ СВОЮ КАФЕДРУ В 18-19 ЛЕТ?



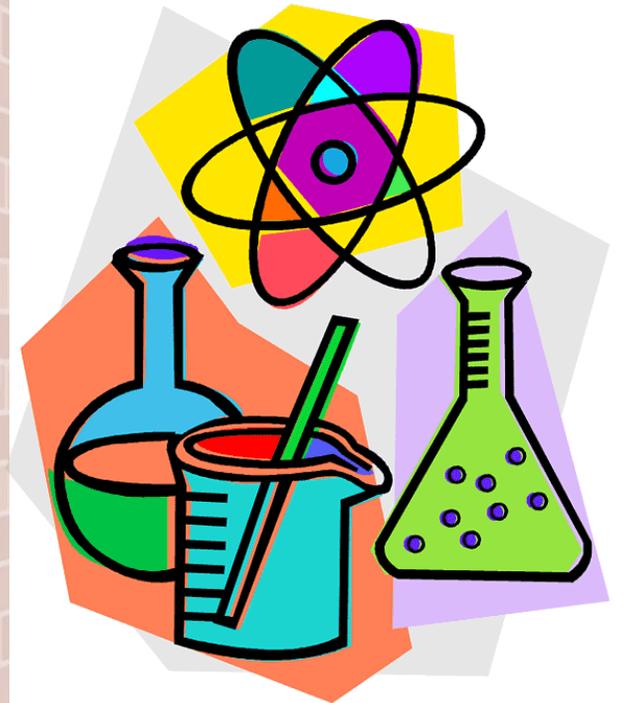
БИОЛОГИЯ

БОЮСЬ НЕ ПОЛУЧИТСЯ



В ШКОЛЕ ИЗУЧАЛ В ОСНОВНОМ  
ФИЗИКУ  
= ГОТОВИЛСЯ К ЕГЭ

БОЮСЬ НЕ ПОЛУЧИТСЯ



ХИМИЯ

# Михайло Васильевич ЛОМОНОСОВ

1711-1765

в 2025 г. – 270-летие  
Московского университета



РАБОТЫ ПО

ХИМИИ  
ФИЗИКЕ  
АСТРОНОМИИ  
ИНЖЕНЕРИИ  
ГЕОГРАФИИ  
ЛИТЕРАТУРЕ  
ОБРАЗОВАНИЮ  
ГЕОЛОГИИ  
ИСТОРИИ  
ПОЭЗИИ  
ИСКУССТВУ



## КУДА НАПРАВЛЯТЬ ФОКУС ВНИМАНИЯ





# КУДА НАПРАВЛЯТЬ ФОКУС ВНИМАНИЯ

ТУДА, КУДА ХОЧЕШЬ ПОПАСТЬ





## КУДА ЖЕ НАПРАВЛЕН МЕЖПРЕДМЕТНЫЙ ФОКУС ВНИМАНИЯ

**МЕДИЦИНСКАЯ**

**ФИЗИКА**



## КУДА ЖЕ НАПРАВЛЕН МЕЖПРЕДМЕТНЫЙ ФОКУС ВНИМАНИЯ

**МЕДИЦИНСКАЯ**

**МЕЖ**

**ФИЗИКА**



## КУДА ЖЕ НАПРАВЛЕН МЕЖПРЕДМЕТНЫЙ ФОКУС ВНИМАНИЯ

**БИО**

**МЕДИЦИНСКАЯ**

**ХИМ**

**ФИЗИКА**



## КУДА ЖЕ НАПРАВЛЕН МЕЖПРЕДМЕТНЫЙ ФОКУС ВНИМАНИЯ

**БИО**

**МЕДИЦИНСКАЯ**

**МЕЖ**

**ХИМ**

**ФИЗИКА**

# Поручение Президента РФ «Укрупнение и междисциплинарность»

**Перечень поручений Президента РФ по итогам совместного расширенного заседания президиума Госсовета и Совета по науке и образованию (от 28 марта 2020 года № Пр-589)**

ж) принять меры по расширению автономии образовательных организаций высшего образования и сокращению избыточного государственного регулирования образовательной деятельности. **В этих целях:**

обеспечить пересмотр **перечня специальностей и направлений подготовки высшего образования, номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются учёные степени.**

**Принять меры по их укрупнению, созданию условий для подготовки кадров с высшим образованием и проведению научных исследований на междисциплинарной основе.**

обеспечить предоставление организациям, осуществляющим образовательную деятельность по образовательным программам высшего образования, права самостоятельно формировать профили образования внутри специальностей и направлений подготовки высшего образования в целях обеспечения **подготовки кадров для новых и перспективных областей профессиональной деятельности»**

# Задачи Перечня

- формирование системы федеральных государственных образовательных стандартов, обеспечивающих создание **единого образовательного пространства высшего образования**;
- получение **лицензии на осуществление образовательной деятельности**;
- **организация приема** на обучения по образовательным программам высшего образования;
- внесение в документы о высшем образовании информации, подтверждающей **наличие у лица квалификации**, достаточной для замещения должности, требующей высшего образования;
- проведение конкурса на **установление контрольных цифр приема** на обучение по образовательным программам высшего образования;
- формирование **Общероссийского классификатора специальностей по образованию (ОКСО)**, который является документом по стандартизации Российской Федерации.

## МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОСТЬ ЧЕРЕЗ ОБЪЕДИНЕНИЕ ИМЕЮЩИХСЯ УКРУПНЕННЫХ ГРУПП НАПРАВЛЕНИЙ ?

Согласно изменениям, внесенным в федеральный закон «Об образовании в РФ» № ФЗ-273 от 29.12.2012 г., новые ФГОС ВО может разрабатываться на УГСН

Код и наименование области образования и УГСН	Код и наименование ОО и УГСН, согласно Перечню 2013 г.
<b>МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ</b>	
01. ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ	01.00.00 МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА
	03.00.00 ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ



## КАК ВЫГЛЯДИТ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОСТЬ В МИНОБРНАУКИ

**ФИЗИКО**

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ**

НАУКИ



## КАК ВЫГЛЯДИТ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОСТЬ В МИНОБРНАУКИ

**ФИЗИКО**

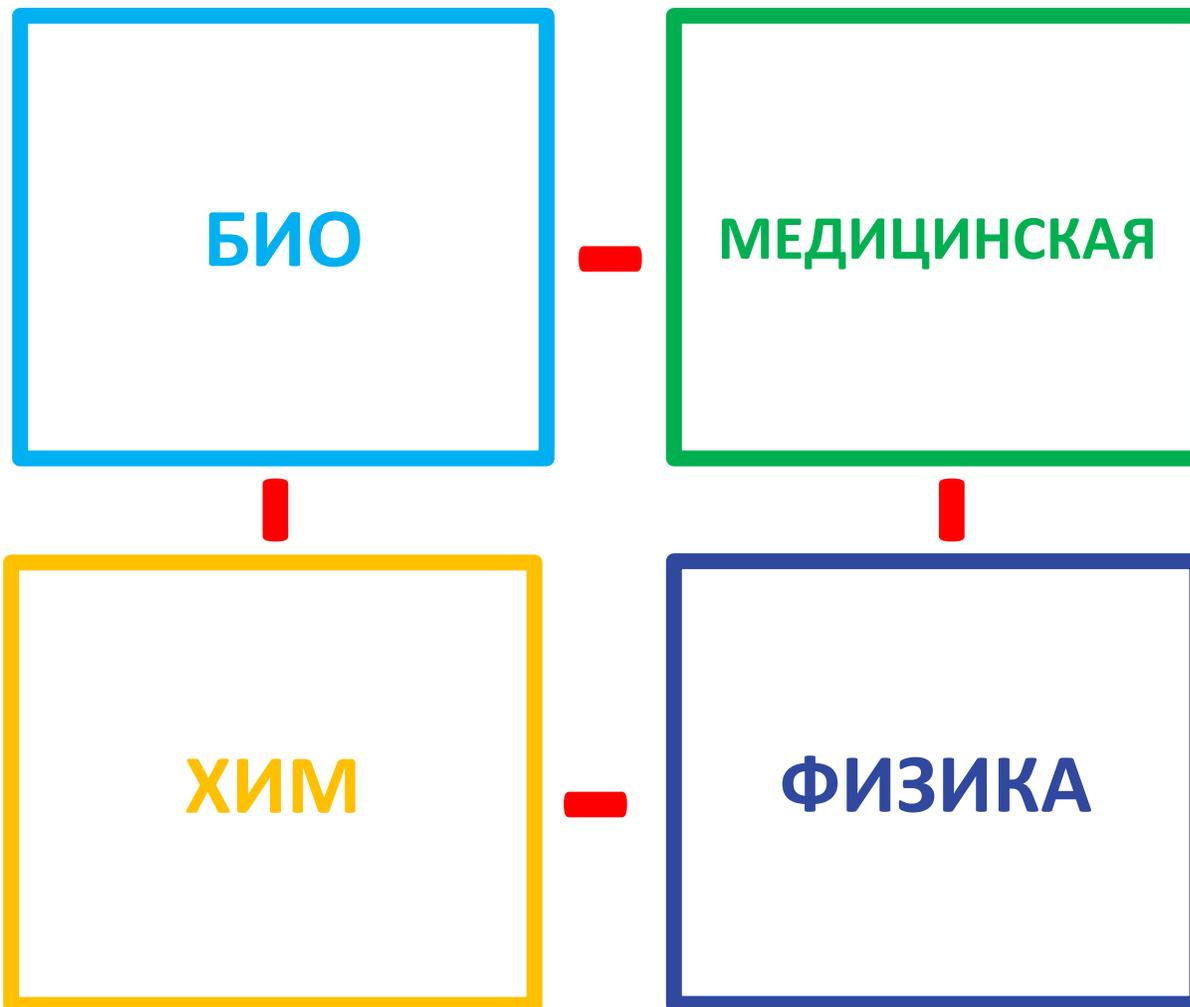


**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ**

НАУКИ

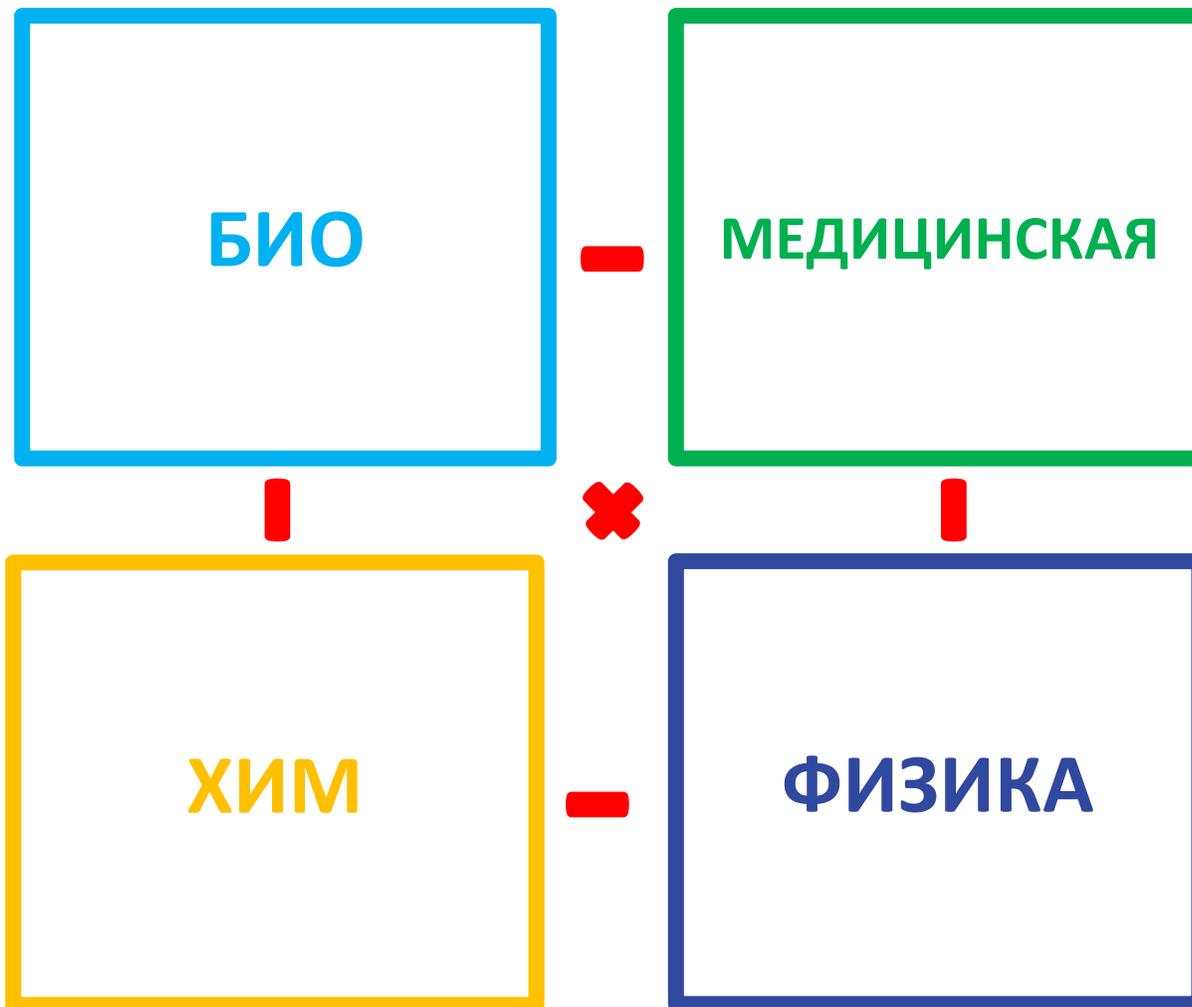


## КУДА ЖЕ НАПРАВЛЕН МЕЖПРЕДМЕТНЫЙ ФОКУС ВНИМАНИЯ





## КУДА ЖЕ НАПРАВЛЕН МЕЖПРЕДМЕТНЫЙ ФОКУС ВНИМАНИЯ



# Конвергенция наук и технологий



# Михайло Васильевич ЛОМОНОСОВ

1711-1765

в 2025 г. – 270-летие  
Московского университета



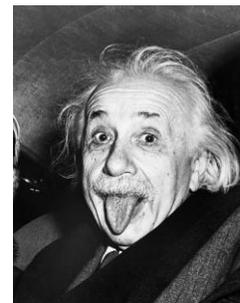
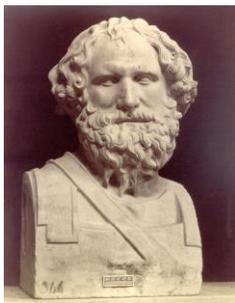
РАБОТЫ ПО

ХИМИИ  
ФИЗИКЕ  
АСТРОНОМИИ  
ИНЖЕНЕРИИ  
ГЕОГРАФИИ  
ЛИТЕРАТУРЕ  
ОБРАЗОВАНИЮ  
ГЕОЛОГИИ  
ИСТОРИИ  
ПОЭЗИИ  
ИСКУССТВУ





КТО МЫ?



## КТО ТАКОЙ УЧЁНЫЙ ?!

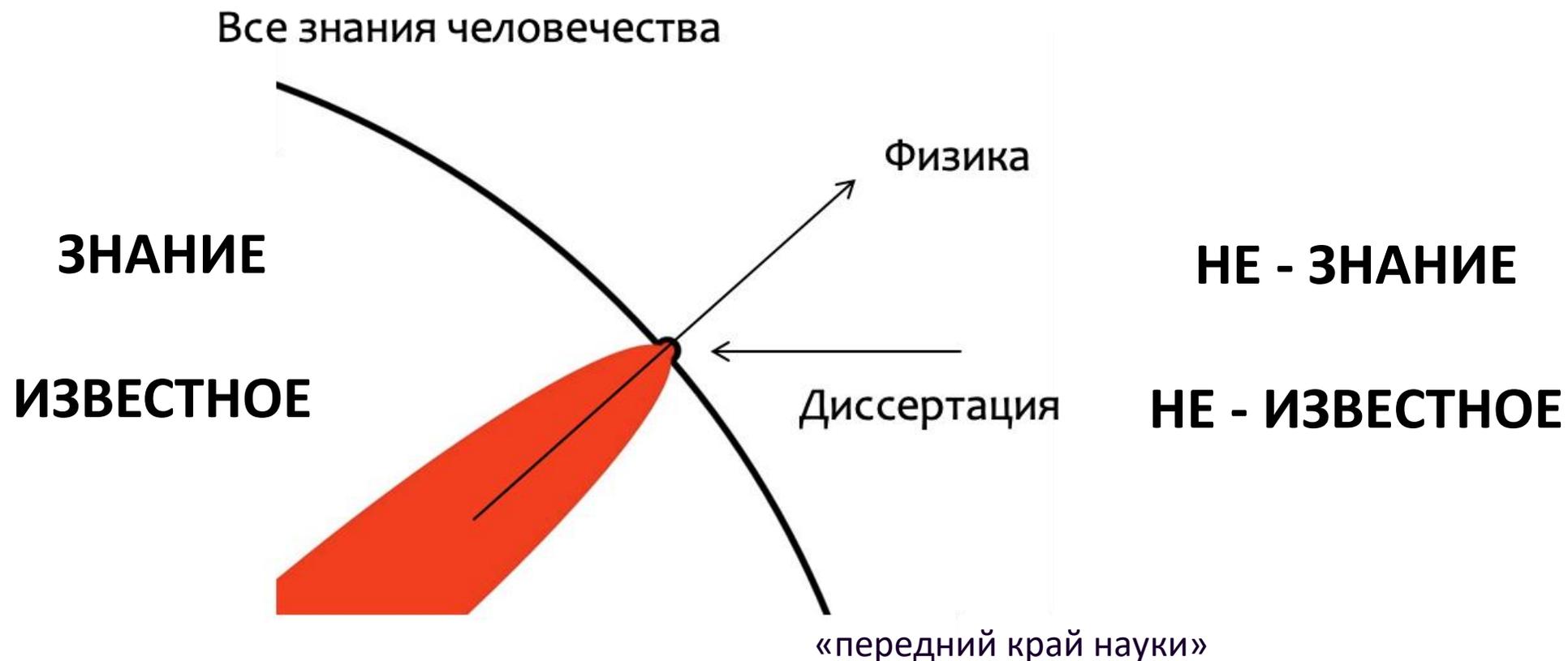
научный сотрудник

кандидат наук

диплом выпускника

младший коллега  
больших учёных

# Кто ТАКОЙ УЧЕНЫЙ? Работает на границе познания

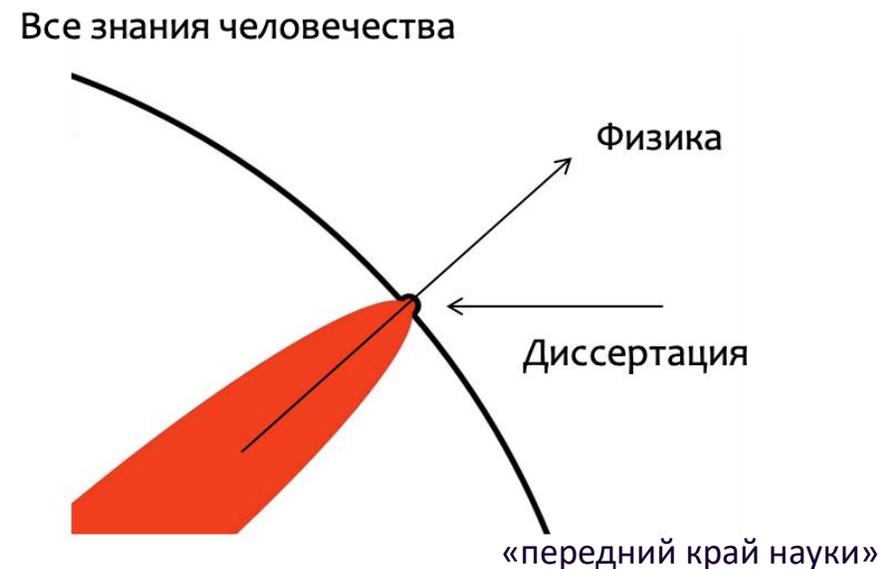


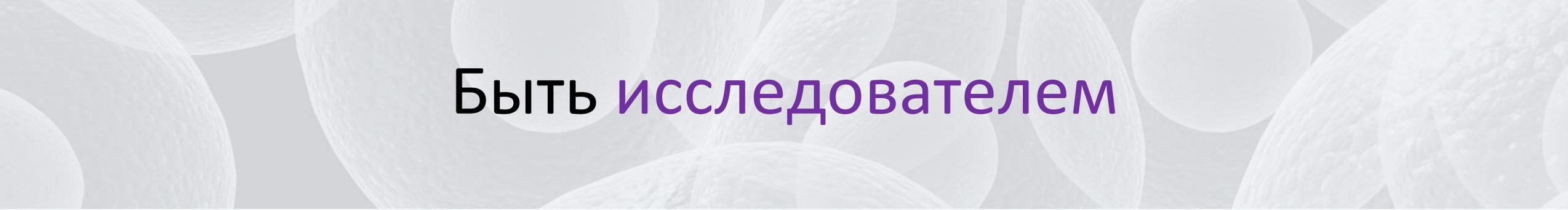
Быть исследователем

# Я – УЧЁНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬ!

Работать на границе познания

Первооткрыватель –  
исследователь  
на переднем крае науки





**Быть исследователем**

**КАКАЯ ФУНКЦИЯ МОЗГА ОТВЕЧАЕТ  
ЗА НАШУ ТЯГУ К ИССЛЕДОВАНИЮ НЕИЗВЕСТНОГО?**



## Быть исследователем

КАКАЯ ФУНКЦИЯ В НАШЕМ СОЗНАНИИ ОТВЕЧАЕТ  
ЗА НАШУ ТЯГУ К ИССЛЕДОВАНИЮ НЕИЗВЕСТНОГО?

**ЛЮБОВЬ к ЗНАНИЯМ =  
ЛЮБОЗНАТЕЛЬНОСТЬ  
(ЛЮБО ПЫТСТВО)**



## Михайло Васильевич ЛОМОНОСОВ

1711-1765  
РАБОТЫ ПО

в 2025 г. – 270-летие  
Московского университета



ХИМИИ  
ФИЗИКЕ  
АСТРОНОМИИ  
ИНЖЕНЕРИИ  
ГЕОГРАФИИ  
ЛИТЕРАТУРЕ  
ОБРАЗОВАНИЮ  
ГЕОЛОГИИ  
ИСТОРИИ  
ПОЭЗИИ  
ИСКУССТВУ



---

# Нейрофотоника: проникновение светом в тайны мозга

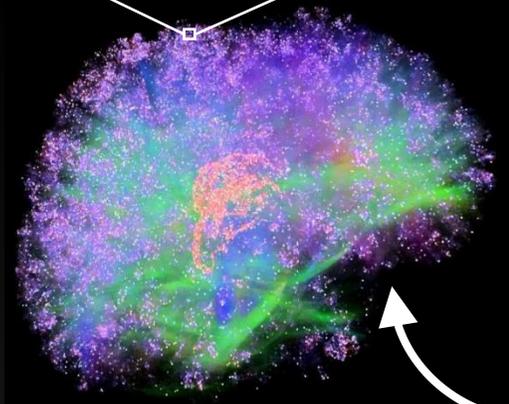
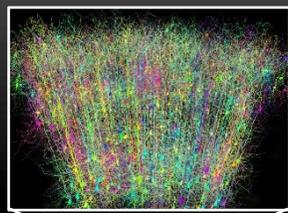


Отдел нейронаук, НИЦ «Курчатовский институт»  
Центр нейронаук и когнитивных наук МГУ  
Институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина

© Константин Анохин

# Мозг – самая сложная из известных нам систем

1. Понимание устройства мозга



$10^{11}$  нейронов  
 $10^{12}$  мм нейронных отростков  
 $10^{15}$  контактов  
 $10^{10000000}$  вариантов комбинаций

2. Сознание

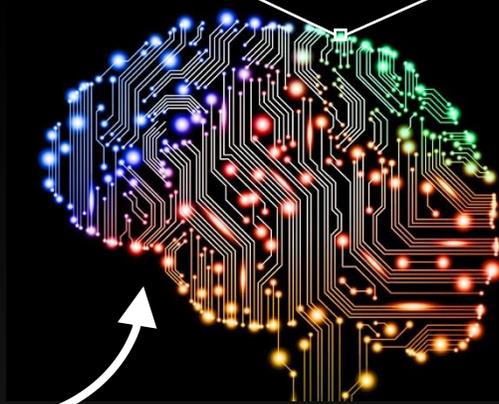
йоттабайты  
( $10^{24}$  бит) данных

эксафлопсные  
( $10^{18}$  операций/сек)  
суперкомпьютеры

**модели  
сознания и  
когнитивных  
функций мозга**

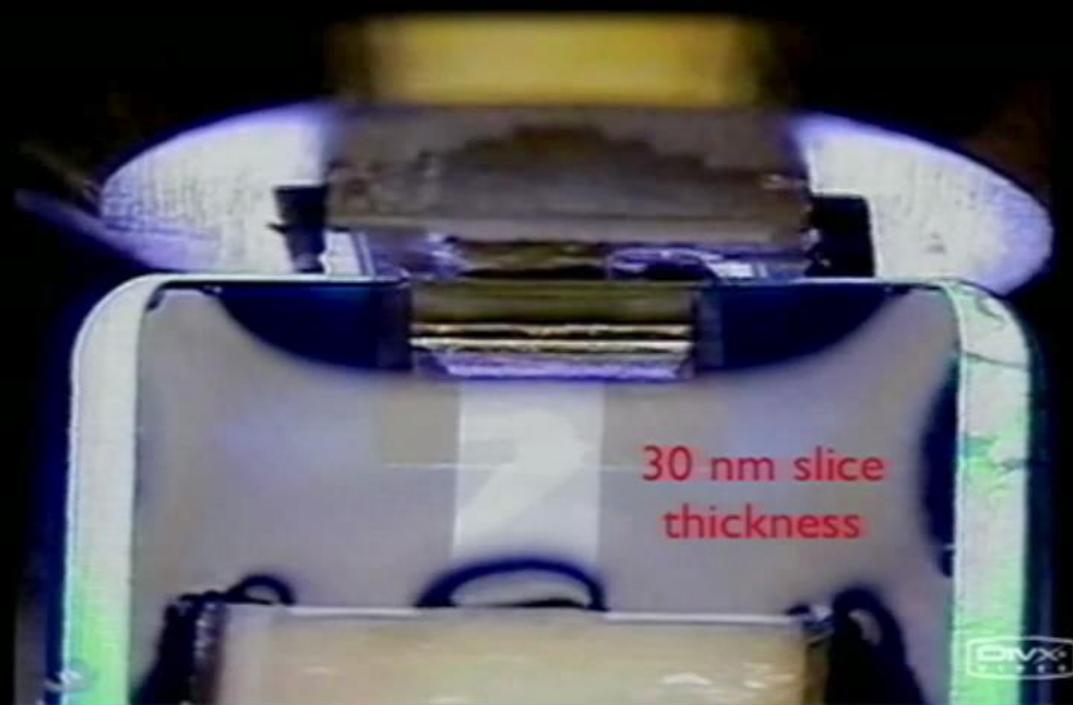
гиперастрономическое  
число состояний мозга

3. Искусственный мозг и разум

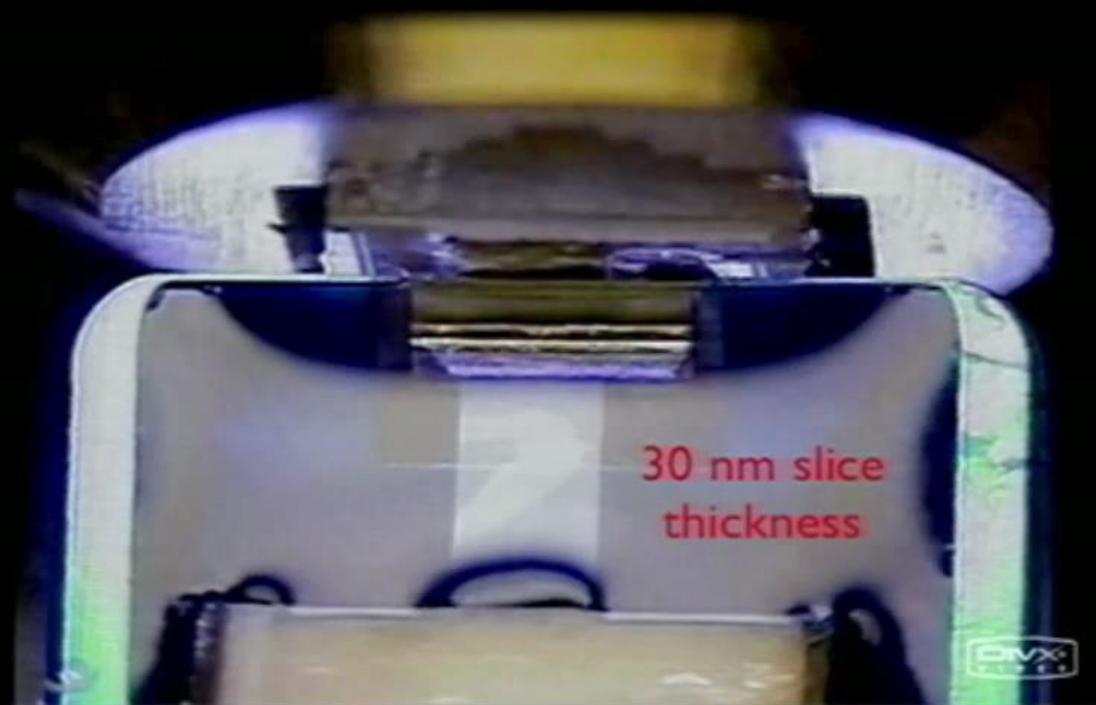


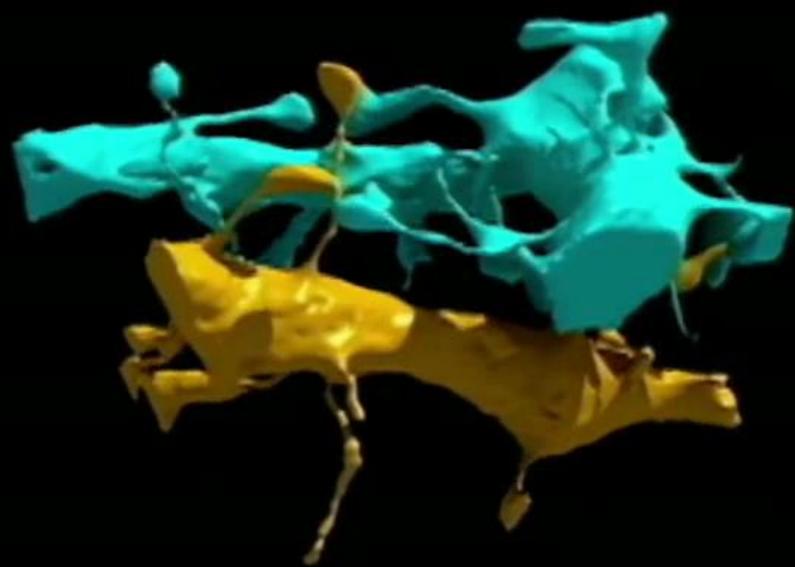
Самое масштабное моделирование  
мозга человека (2013 г.): расчет 1 сек  
активности 1% нейронов мозга –  
40 мин работы 4-го по мощности  
суперкомпьютера в мире (K-computer)

Hayworth, Kasthuri, Schalek, Lichtman

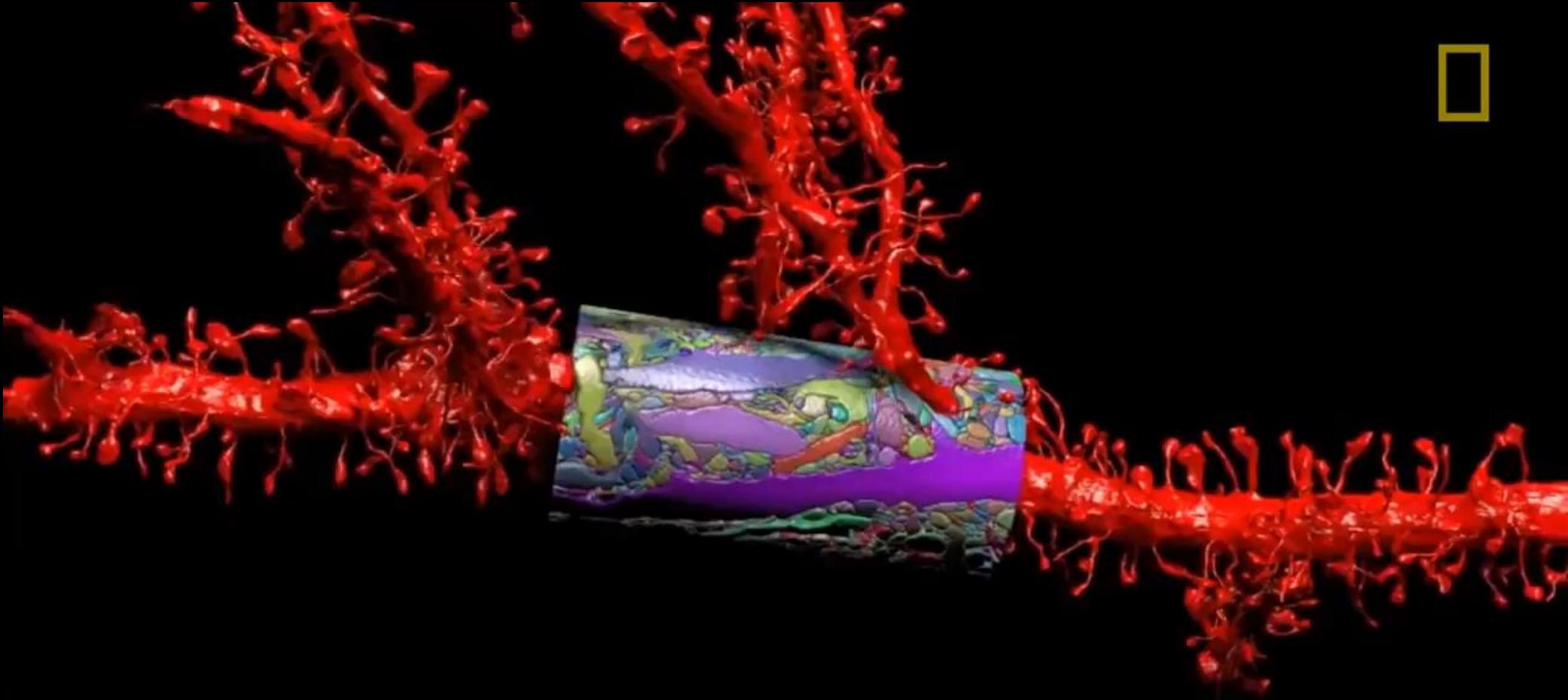


Hayworth, Kasthuri, Schalek, Lichtman



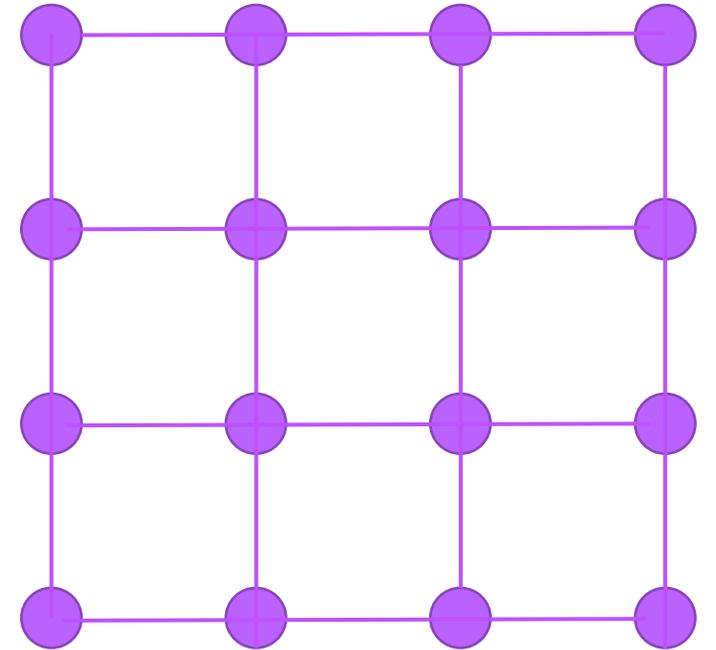


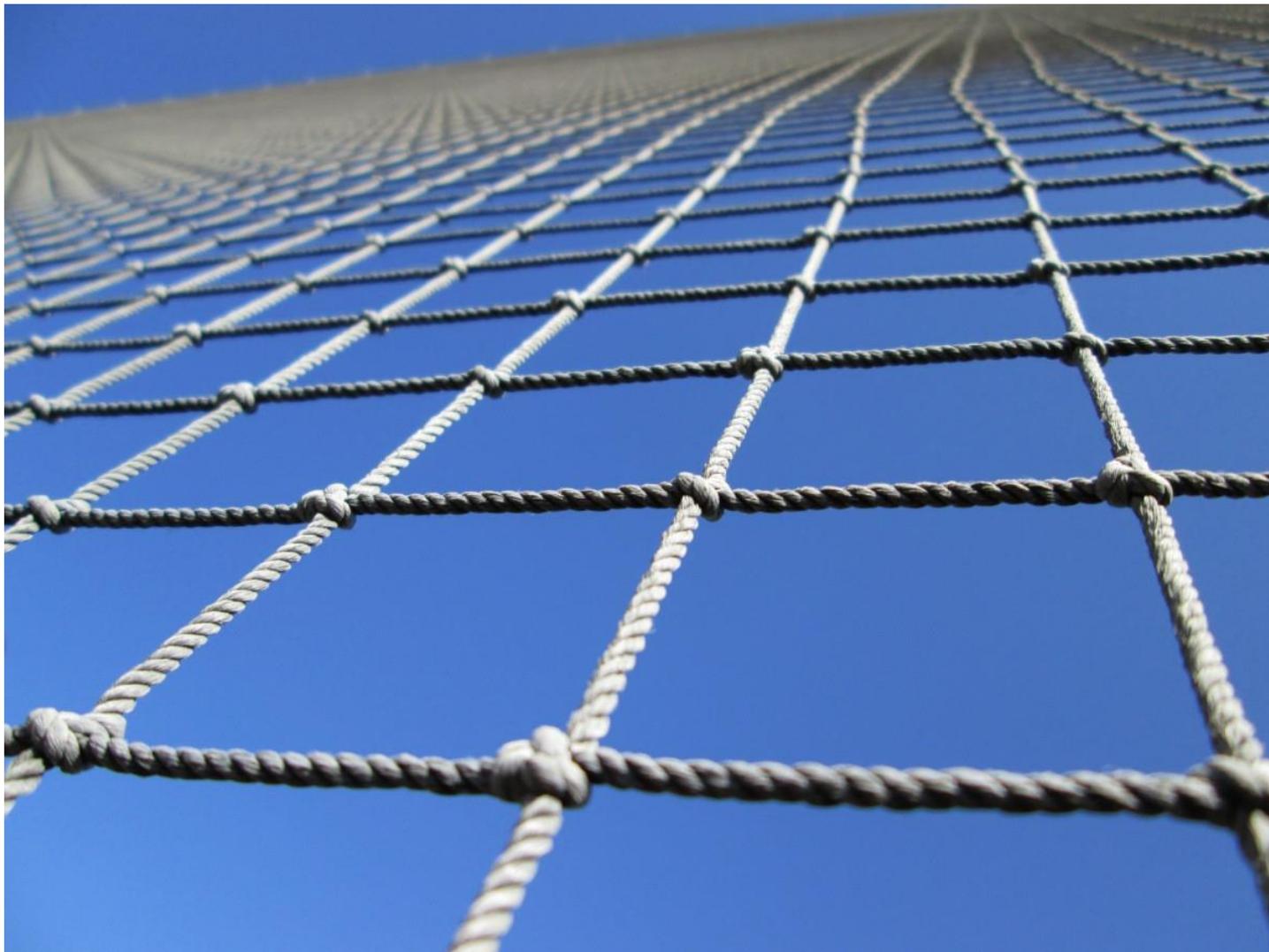
rendering: Daniel Berger 



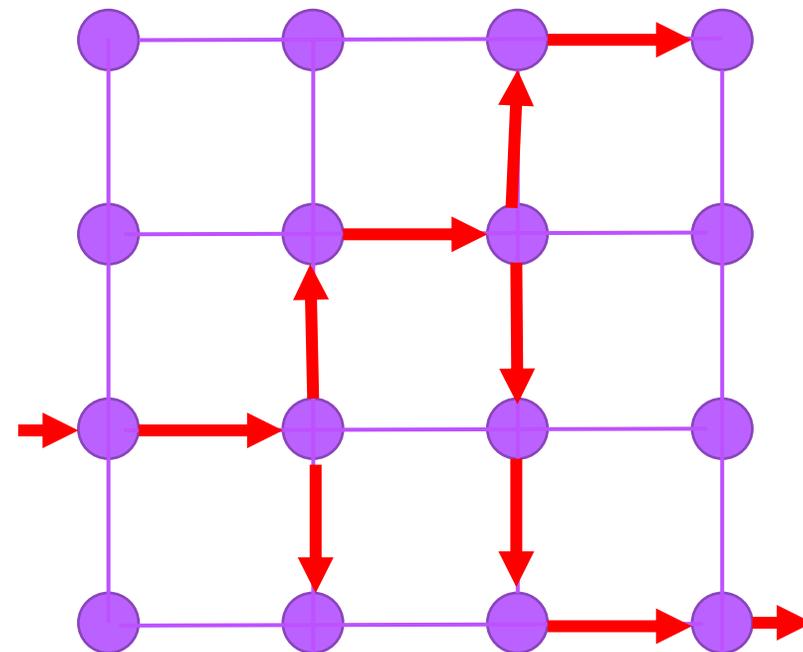


Принцип формирования нейронных связей



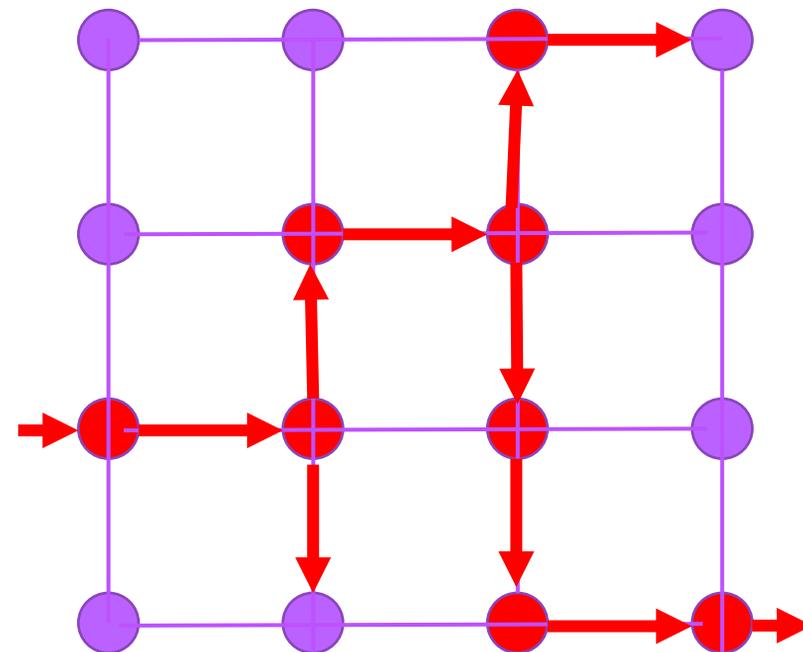


## Принцип формирования нейронных связей



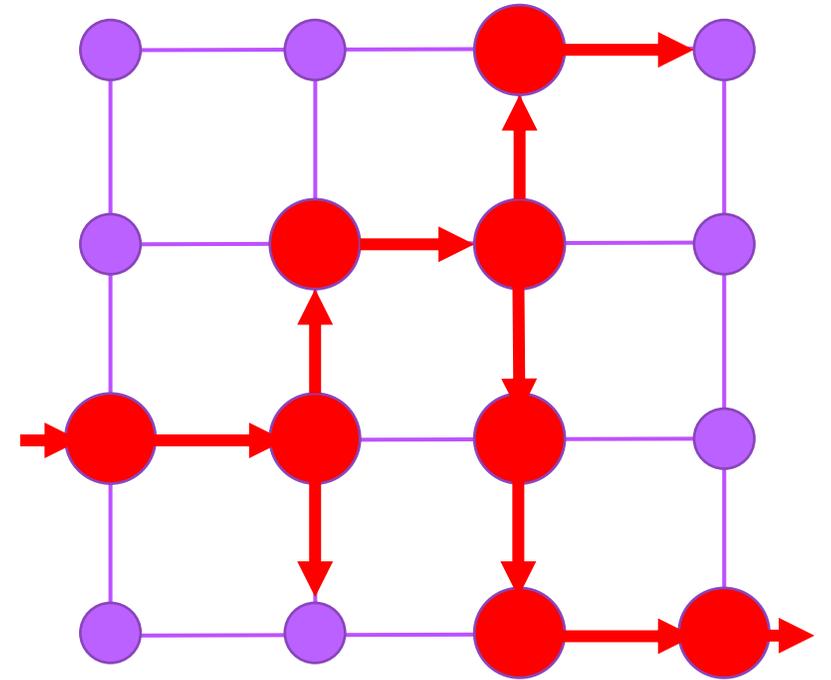


## Принцип формирования нейронных связей



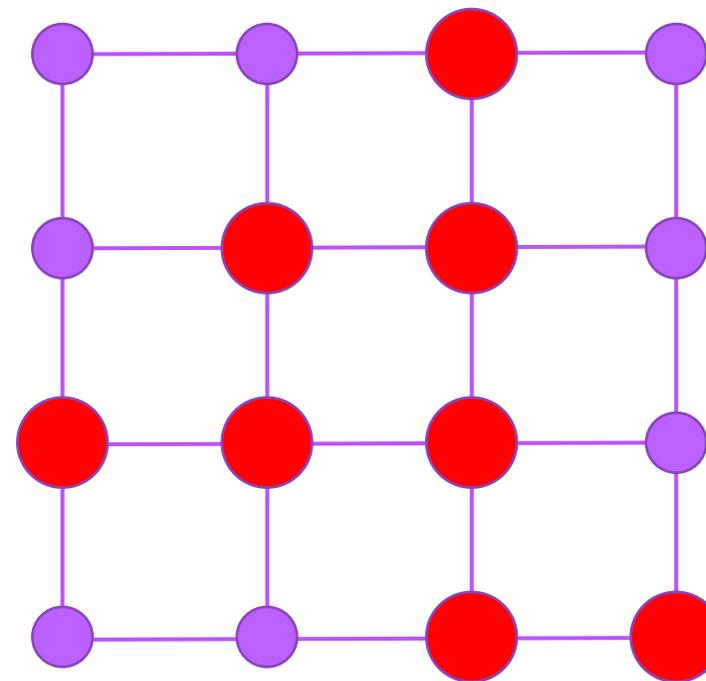


## Принцип формирования нейронных связей



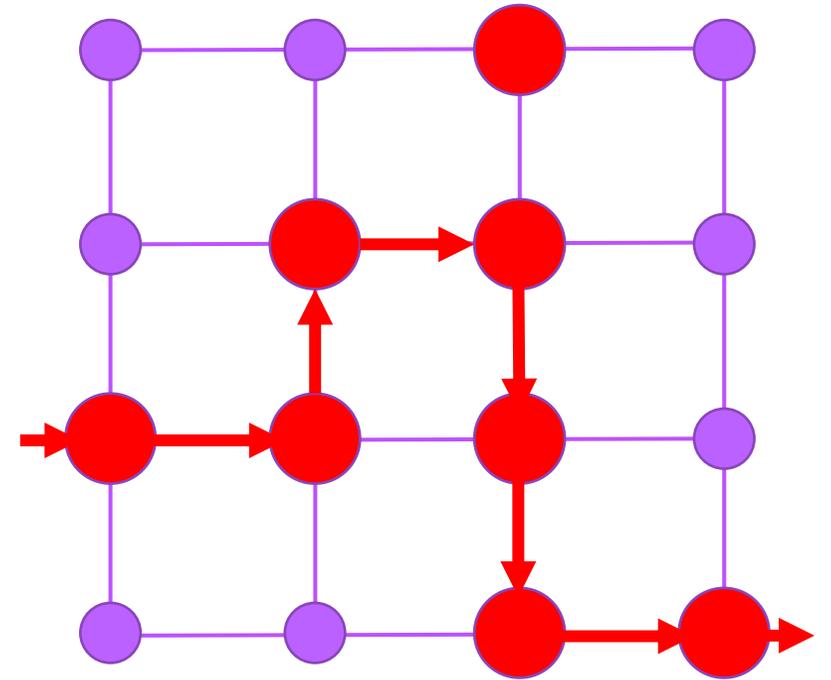


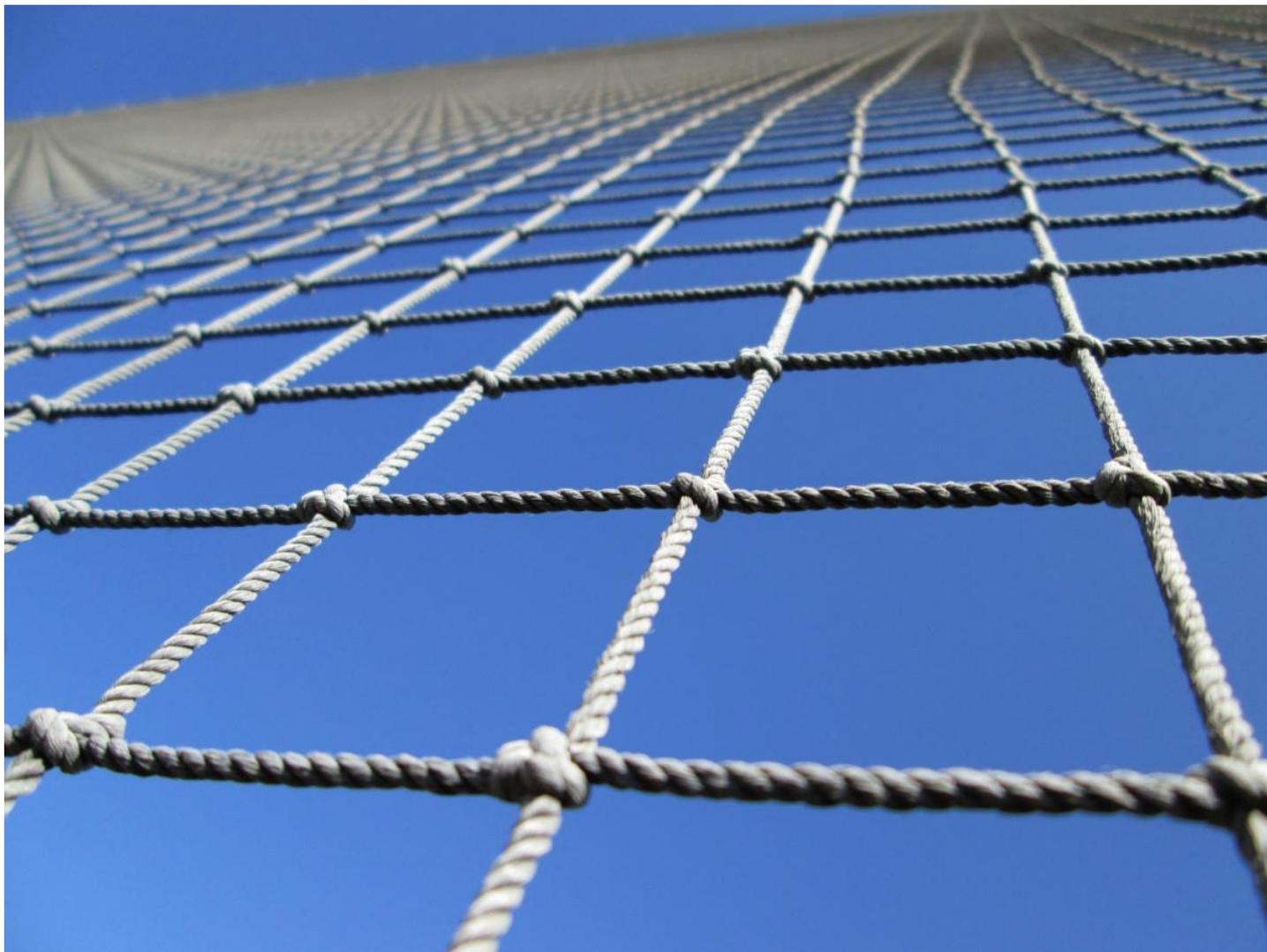
Принцип формирования нейронных связей



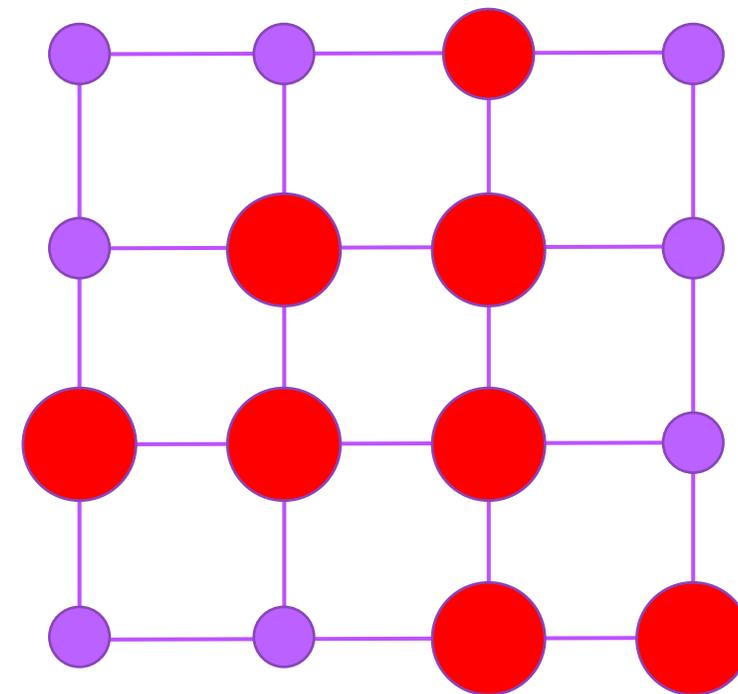


## Принцип формирования нейронных связей





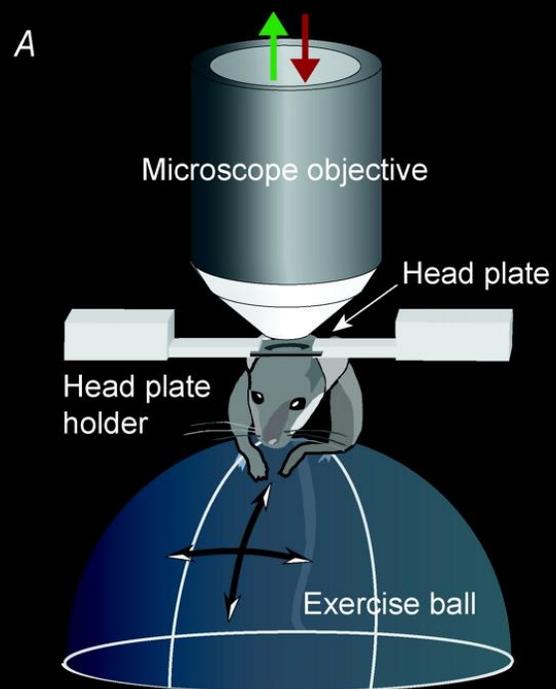
Принцип формирования нейронных связей



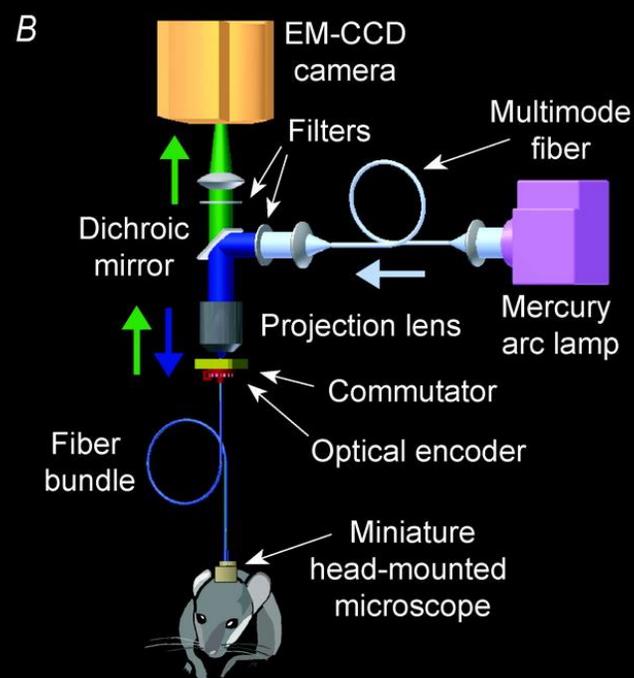
**НЕЙРОФОТОНИКА:**  
**ОПТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ**  
**К РАСШИФРОВКЕ КЛЕТОЧНОГО КОДА**  
**РАЗУМА И СОЗНАНИЯ**

# Прижизненная визуализация когнитивно специализированных нейронов

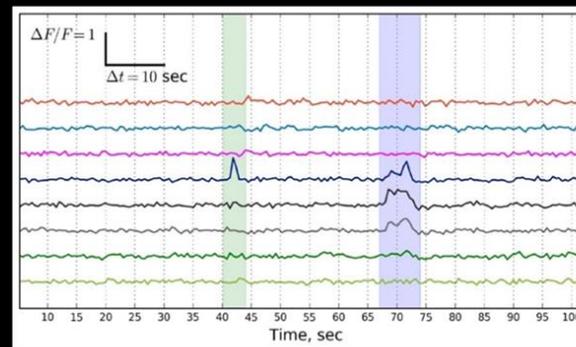
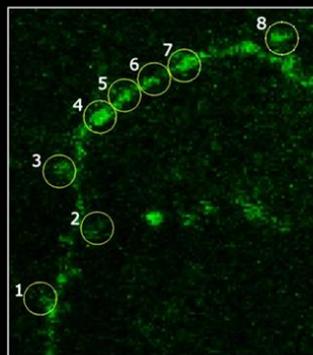
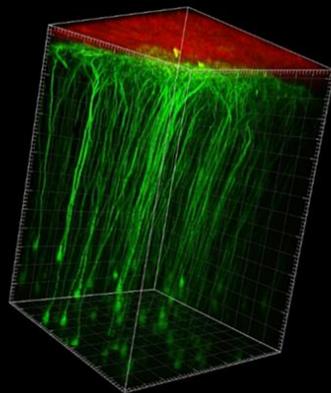
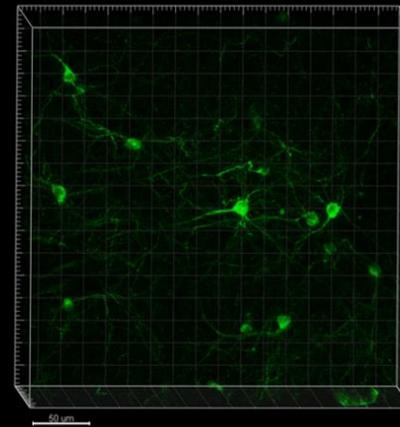
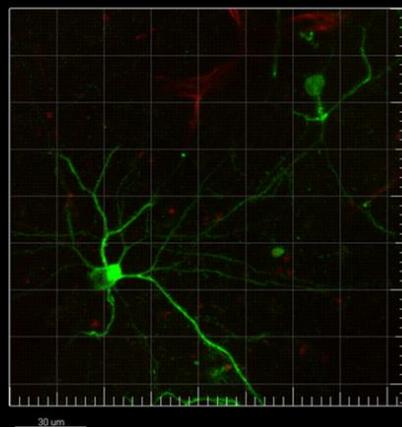
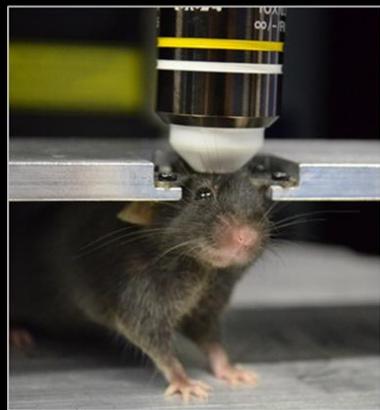
Двухфотонная  
микроскопия



Однофотонная  
минимикроскопия



# Прижизненная двухфотонная микроскопия когнитивно индексируемых нейронов

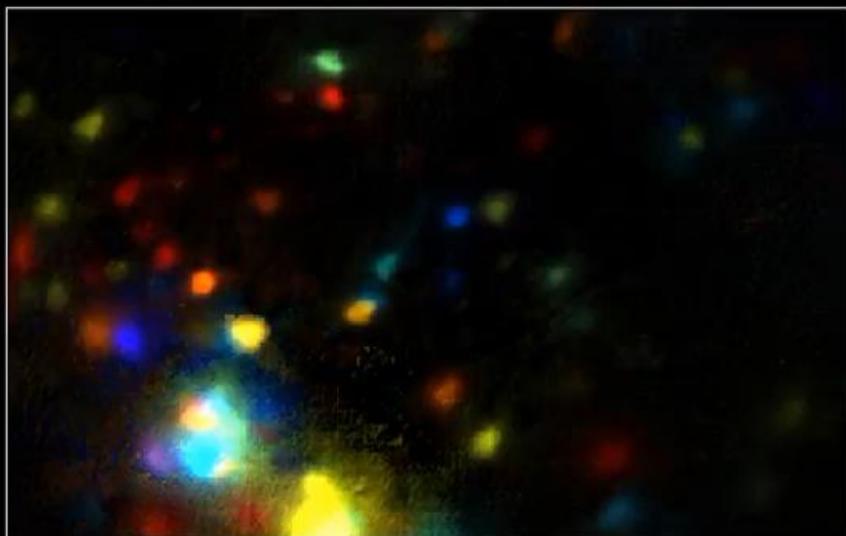


# Динамическая оптическая визуализация областей активности гиппокампа мыши при различном поведении

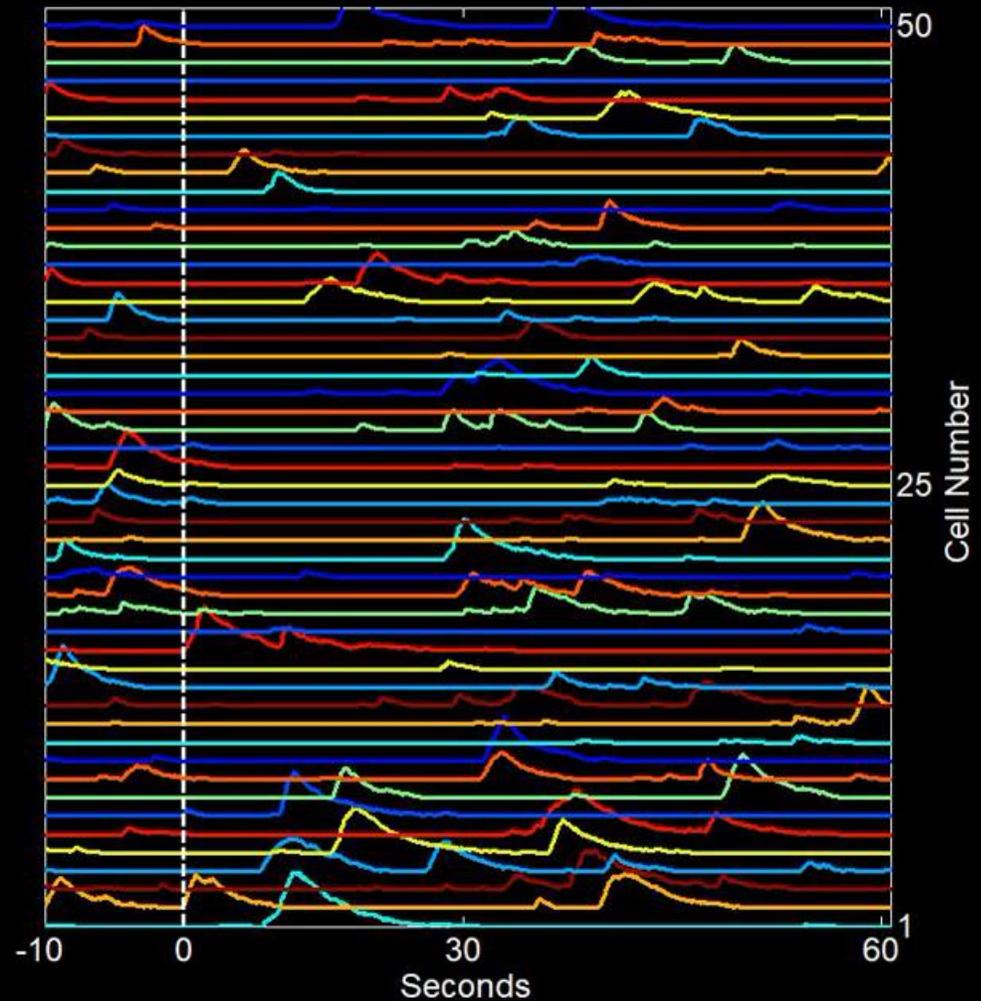
Miniscope | 2m Linear Track



Mouse CA-1 | GCaMP6f | CNMF Output



Example  $\Delta F/F$





Как сформировать междисциплинарное мышление  
через разный взгляд на одни и те же задачи:  
Физика vs. Медицина

## Мышление: Физика vs. Медицина

- Точность метода
- Что важно физикам?
- Что важно врачам?
- К чему это приводит?



## Мышление: Физика vs. Медицина

- Точность метода                      например, 95%
- Что важно физикам?
- Что важно врачам?
- К чему это приводит?



## Мышление: Физика vs. Медицина

- Точность метода            95%
- Что важно физикам?    погрешность
- Что важно врачам?
- К чему это приводит?



## Мышление: Физика vs. Медицина

- Точность метода                      95%
- Что важно физикам?                погрешность
- Что важно врачам?                    Клятва Гиппократата
- К чему это приводит?



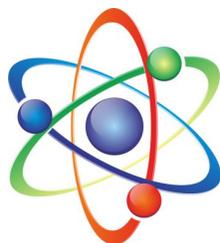
## Мышление: Физика vs. Медицина

- Точность метода 95%
- Что важно физикам? погрешность
- Что важно врачам? клятва Гиппократата
- К чему это приводит? вакцинация от КВ

# Междисциплинарность = междисциплинарный подход

**МЕЖ**дисциплинарный, **МУЛЬТИ**дисциплинарный

Каждая наука дает свой вклад в решение



# Междисциплинарность = междисциплинарный подход

**КРОСС**-дисциплинарный подход

Одна наука оказывает воздействие на развитие другой науки

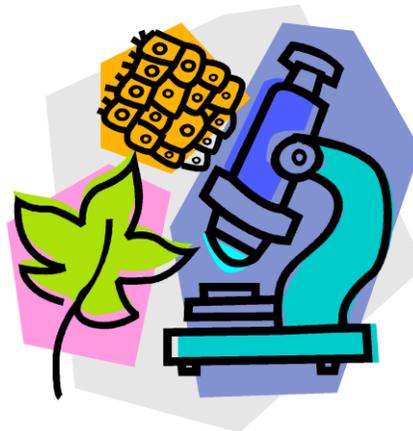
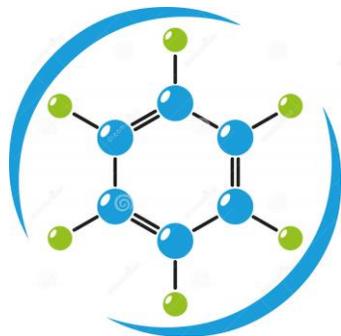
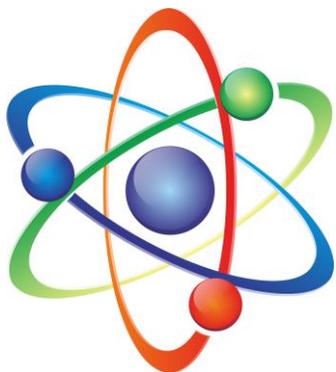


## Междисциплинарность = междисциплинарный подход

**ТРАНС**-дисциплинарный или **МЕТА**-дисциплинарный подход

Одна наука (технология) оказывает влияние на развитие большинства других наук

**Книгопечатание, IT технологии,  
Нанотехнологии, Когнитивные науки**



Кафедра медицинской физики  
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова

**Взаимосвязь:**

**Медицина**

**+**

**Физика**

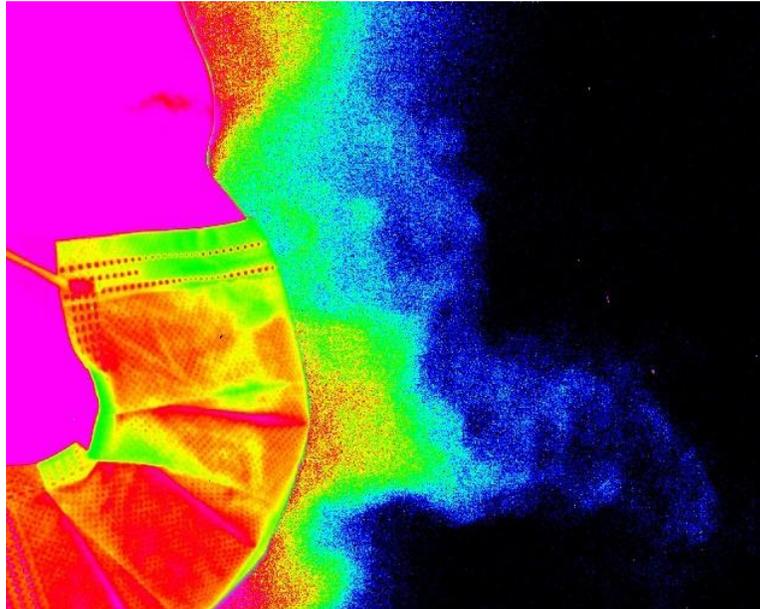
**МАКУРЕНКОВ**  
**Александр Михайлович**

*доцент, к.ф.-м.н.*

МГУ имени М.В.Ломоносова

Российский фонд  
фундаментальных исследований

# ТЕРМОГРАФИЯ ДЫХАНИЯ



$T = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$

0.7-1.0 м



**Тепловизор FLIR SC7700**

Частота съемки: **15-50 Гц**

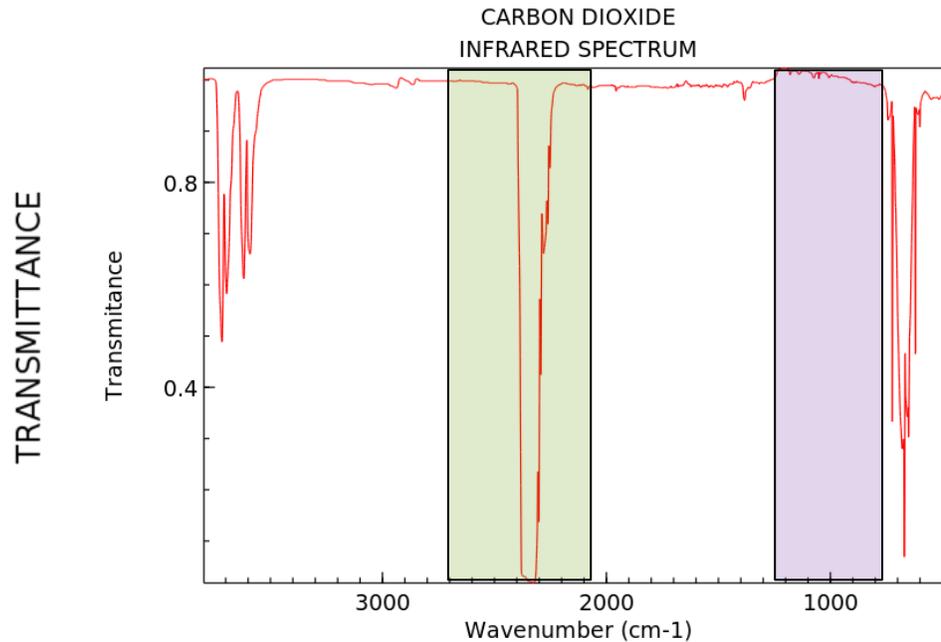
Спектральный диапазон: **3,7 - 4,8 мкм**

Разрешение: **0.2-0.3 мм/пикс**

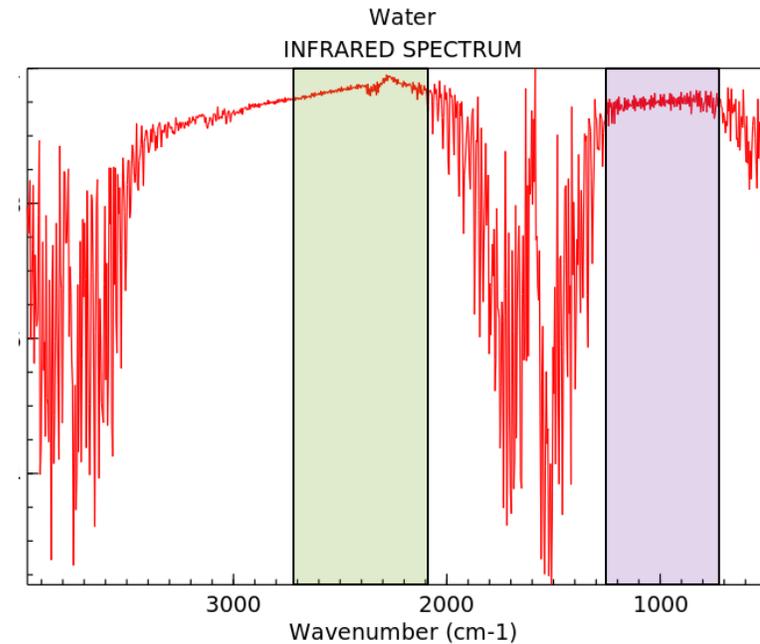
Время интеграции: **1052 мкс**

# СЪЕМКА В ДИАПАЗОНАХ СПЕКТРА УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА И ВОДЯНОГО ПАРА

 FLIR SC7700 (3.7-4.8  $\mu\text{m}$ )  
 COX CX640 (8-14  $\mu\text{m}$ )

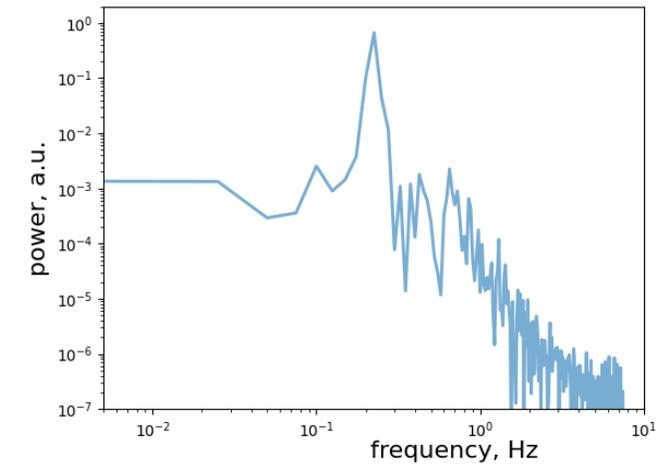
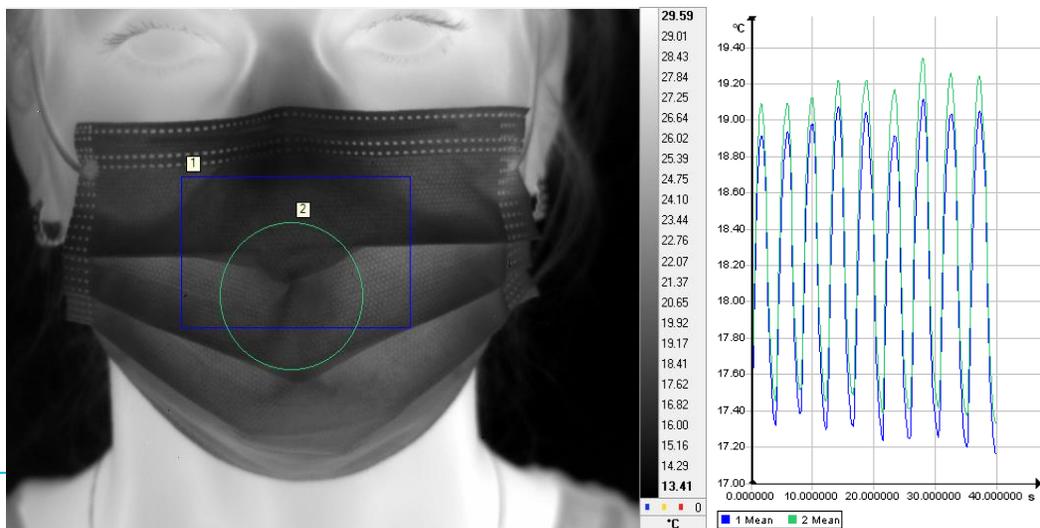
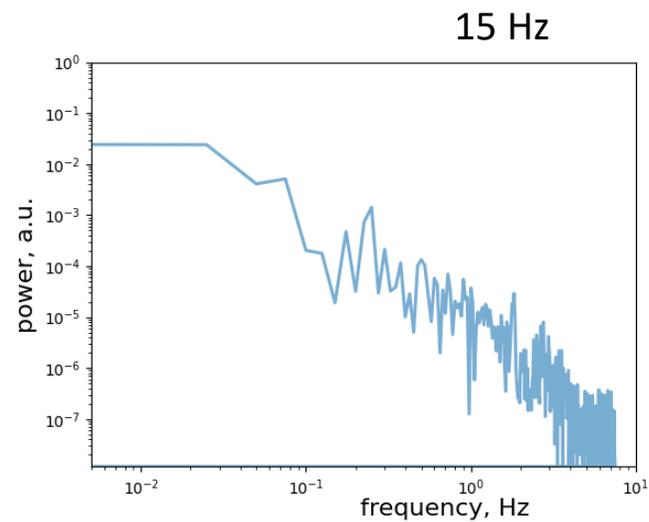
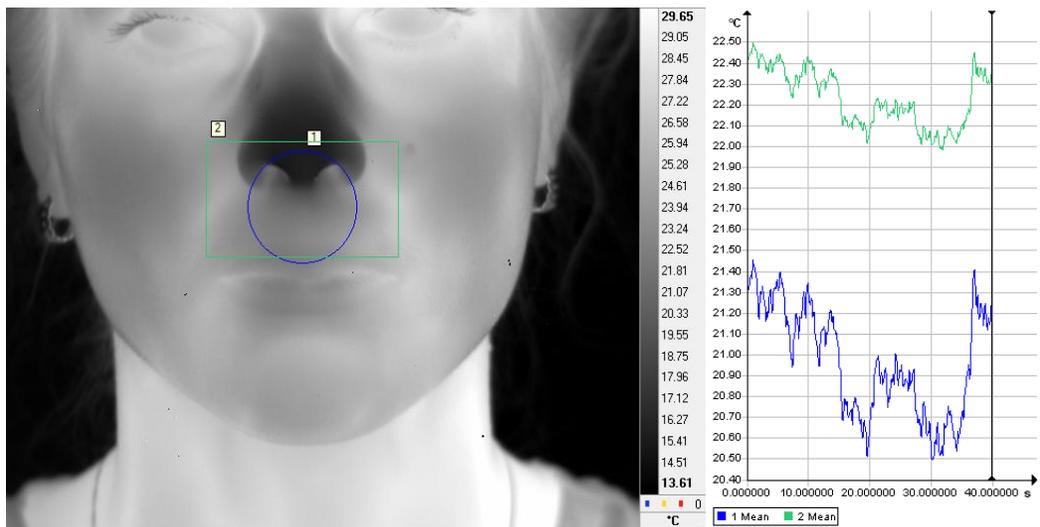


NIST Chemistry WebBook (<https://webbook.nist.gov/chemistry>)



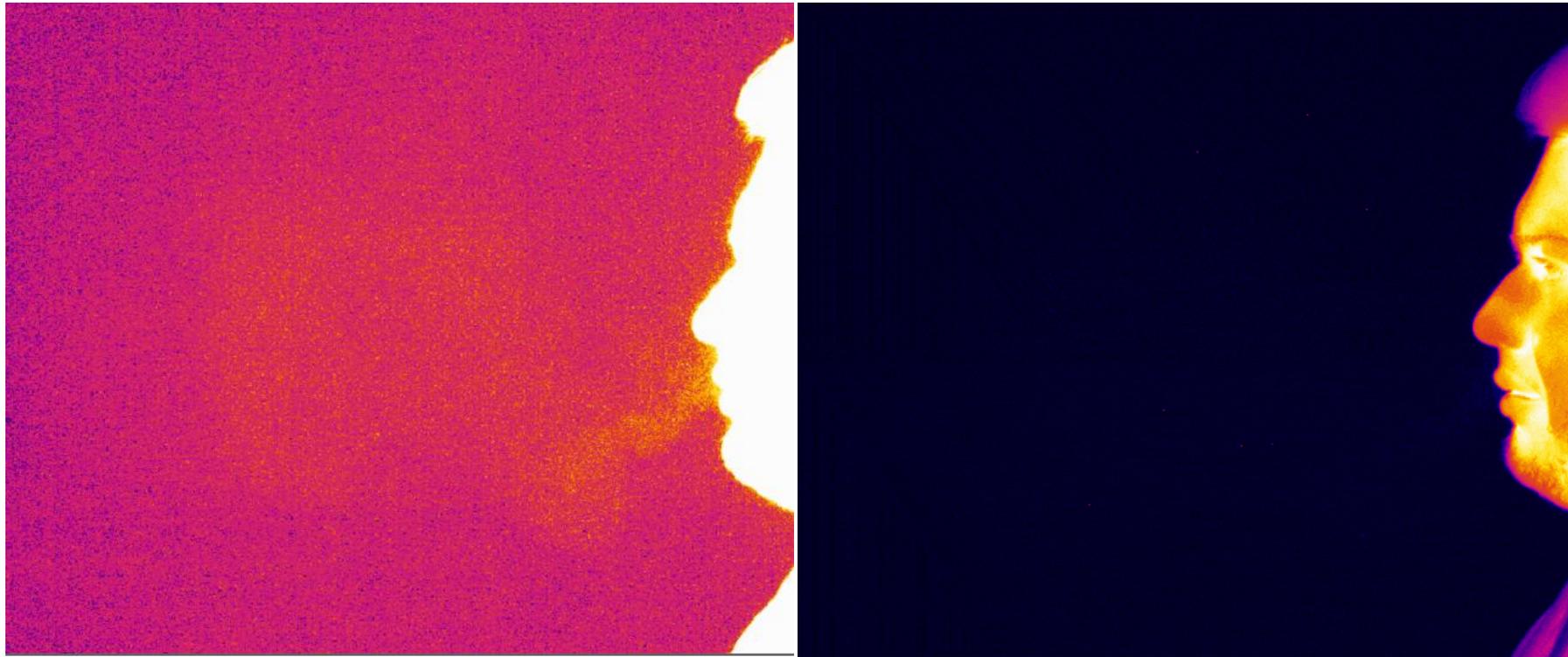
NIST Chemistry WebBook (<https://webbook.nist.gov/chemistry>)

# ТЕПЛОВИЗИОННАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ДЫХАНИЯ



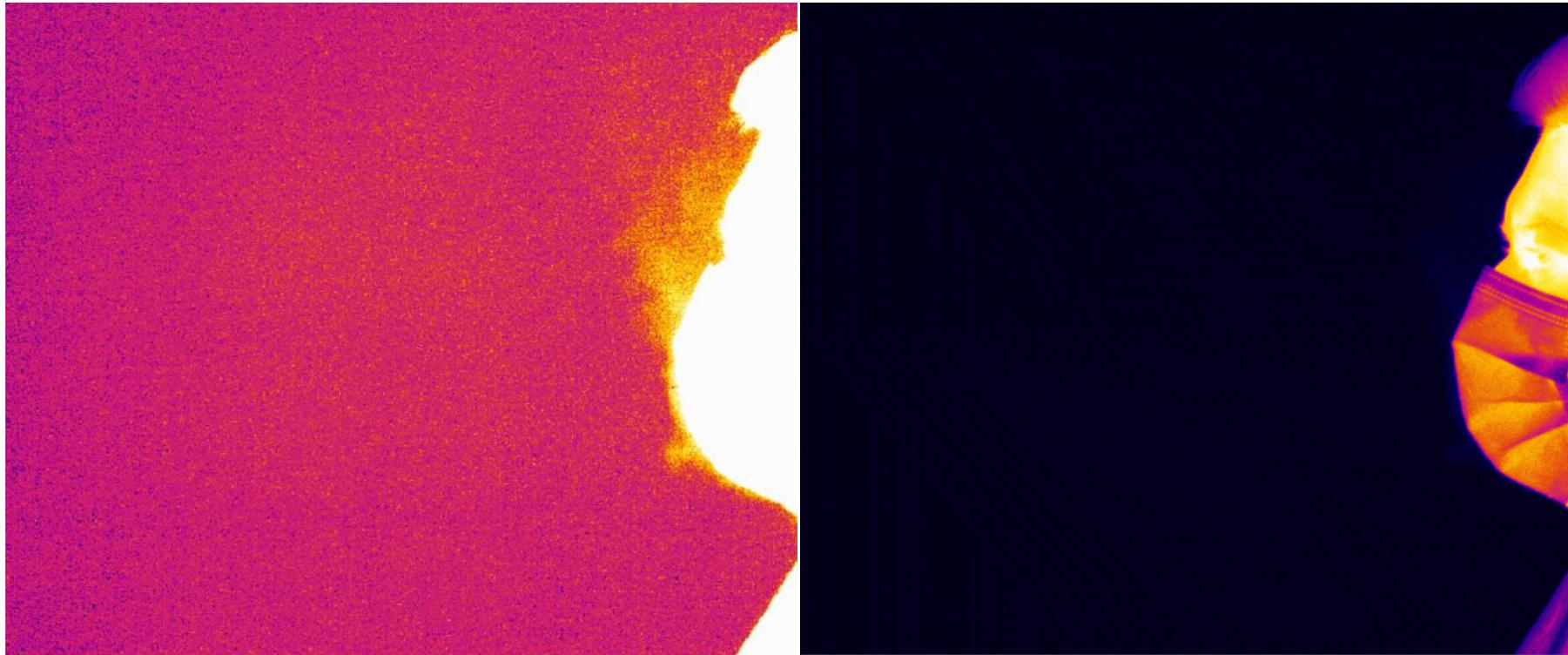
# ОЦЕНКА ДАЛЬНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОТОКОВ

кашель без маски, частота съемки 50 Гц

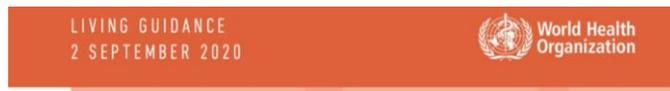


# ОЦЕНКА ДАЛЬНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОТОКОВ В МАСКЕ

кашель в медицинской маске, частота съемки 50 Гц



# Последствия COVID-19



Для формирования популяционного иммунитета от COVID-19 должны иметь антитела не менее 70% людей ~ 5 млрд. человек в мире.

Поражение легких происходит в большинстве средних и тяжелых случаев заболевания.

Диагностика поражений в легких – один из главных подходов при постановке диагноза коронавируса в критических или тяжелых случаях заболевания:

- Рентгенография грудной клетки (не более 1 раз в год)
- Компьютерная томография (КТ) грудной клетки и легких (не более 2 раза в год)
- Ультразвуковое обследование легких
- Эндоскопическая диагностика (трахеобронхоскопия)
- Исследование функции внешнего дыхания (дыхательный тест на объем выдыхаемого воздуха)

Основные виды осложнений в легких при COVID-19

- Острый респираторный дистресс-синдром (ОРДС)
- Внебольничная пневмония
- Фиброз легких

Восстановительный процесс в легких занимает от нескольких месяцев до нескольких лет. Необходим регулярный мониторинг состояния легких и их функционального состояния.



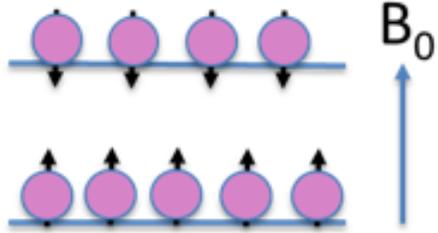
КТ визуализация заболеваний легких методом «Матового стекла»

*Информация по рекомендациям ВОЗ, 2020 г.*

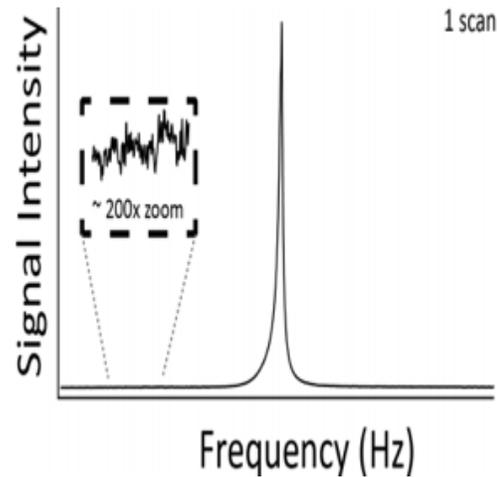
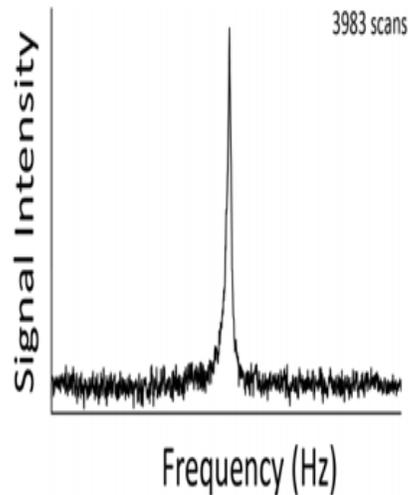
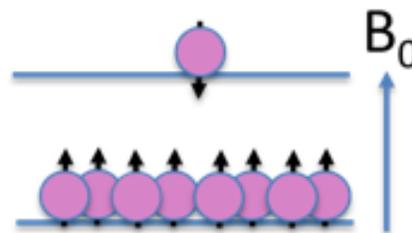


# Гиперполяризация газов в МРТ

$T=273\text{ K}$



$T=273\text{ K}$  как при  
 $T \approx 0\text{ K}$



Разница населенностей уровней в равновесном и гиперполяризованном состоянии.

Сигнал ЯМР от благородного газа, находящегося в равновесном и гиперполяризованном состоянии (различие интенсивности в  $10^5$  раз).

# Протокол гиперполяризационной МРТ

1

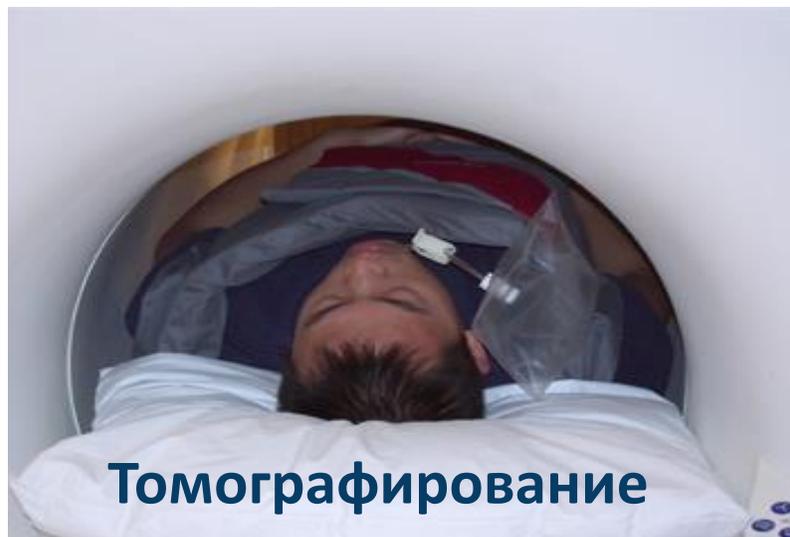


**Поляризация: 30 минут**

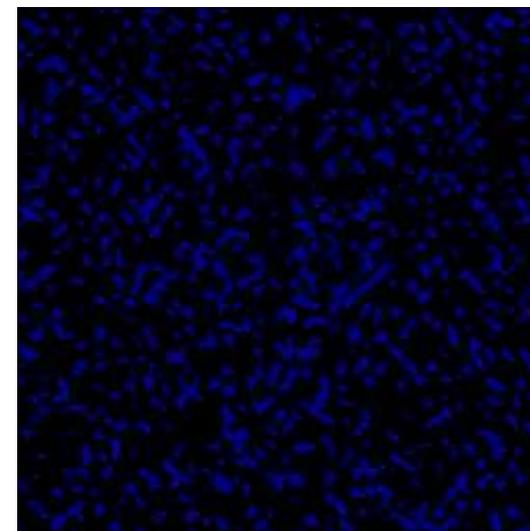
2



3

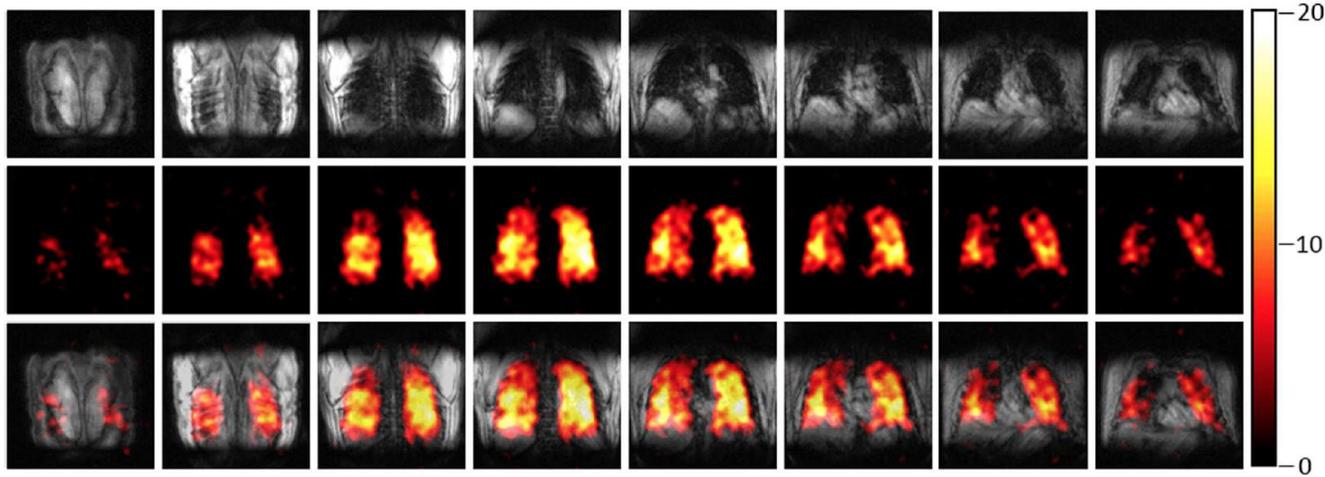


4



**Томограмма <10 секунд**

# МРТ вентиляции легких



$^{19}\text{F}$  МРТ динамического распределения газовой смеси, содержащей Фтор-19 для функциональной диагностики легких

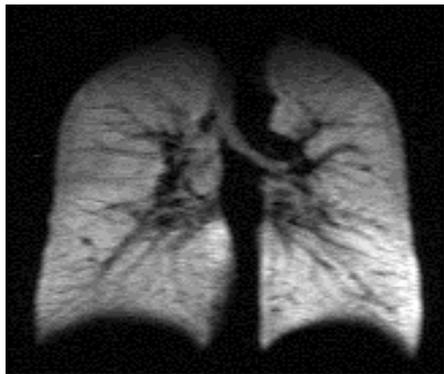


*Pavlova O., Panchenko V. et al. Magn. Reson/ Med. 2020; 00:1–7.*

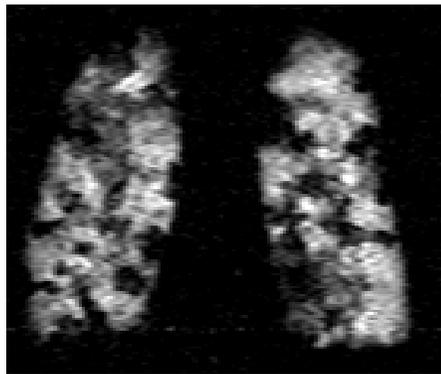


КТ визуализация заболеваний легких методом «Матового стекла»

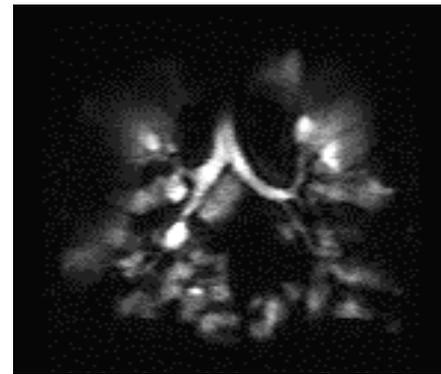
Нарушения вентиляции легких вызванные заболеваниями



Норма



Курильщик



Хроническое заболевание

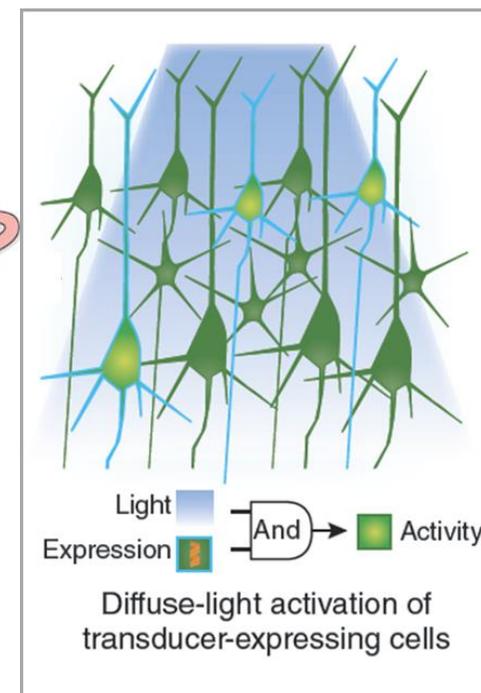
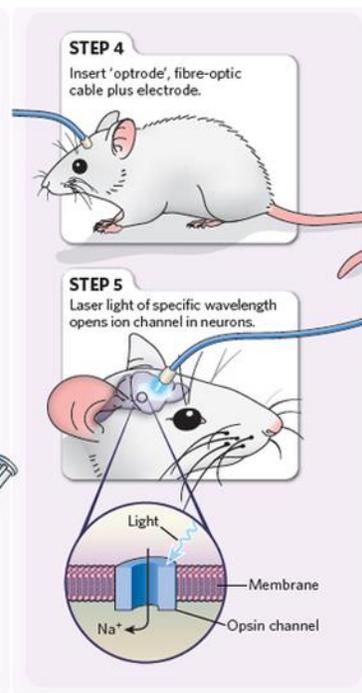
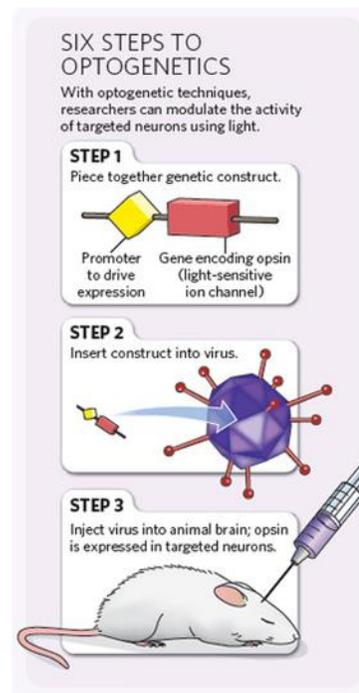
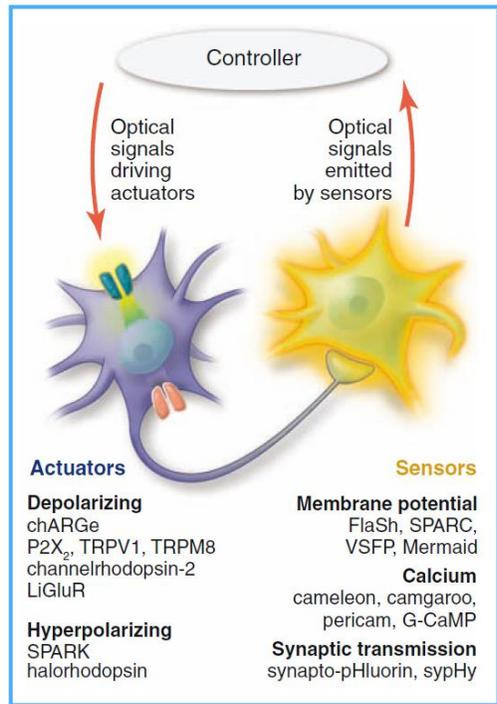
Статическое газовое распределение при малоугловой последовательности импульсов ввремя задержки дыхания



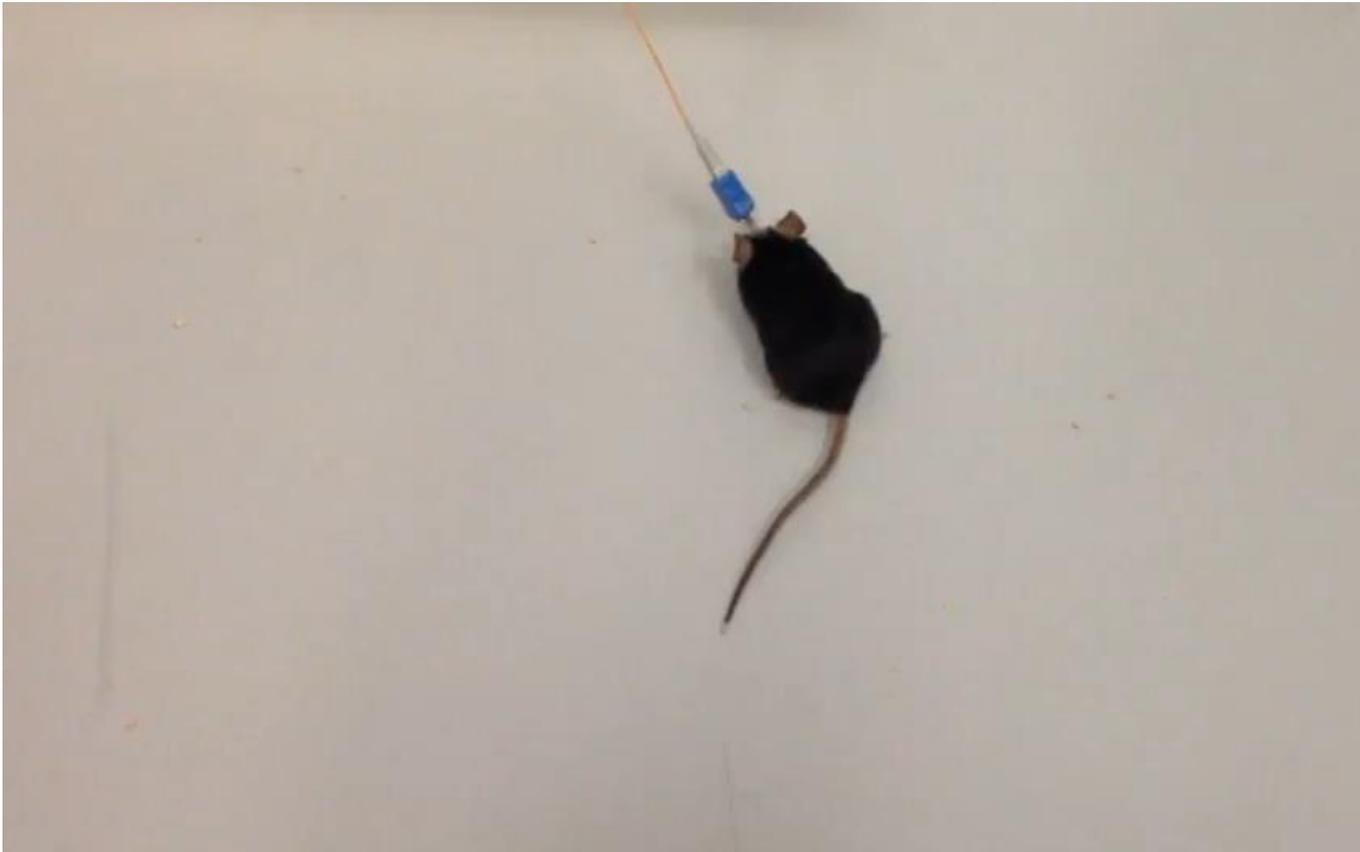
# Оптогенетика:

управление активностью  
отдельных нейронов бодрствующего мозга

# Когнитивная оптогенетика: причинный анализ нейронных сетей



## Когнитивная оптогенетика: новые экспериментальные вопросы



- ❖ Как направленная активация  $k$ -нейронов влияет на поведение и опыт животного?
- ❖ Как направленное подавление активности активация  $k$ -нейронов влияет на поведение и опыт животного?
- ❖ Можно ли создавать искусственный опыт у животного «изнутри» - создавая искусственные ассоциации между  $k$ -группами нейронов?

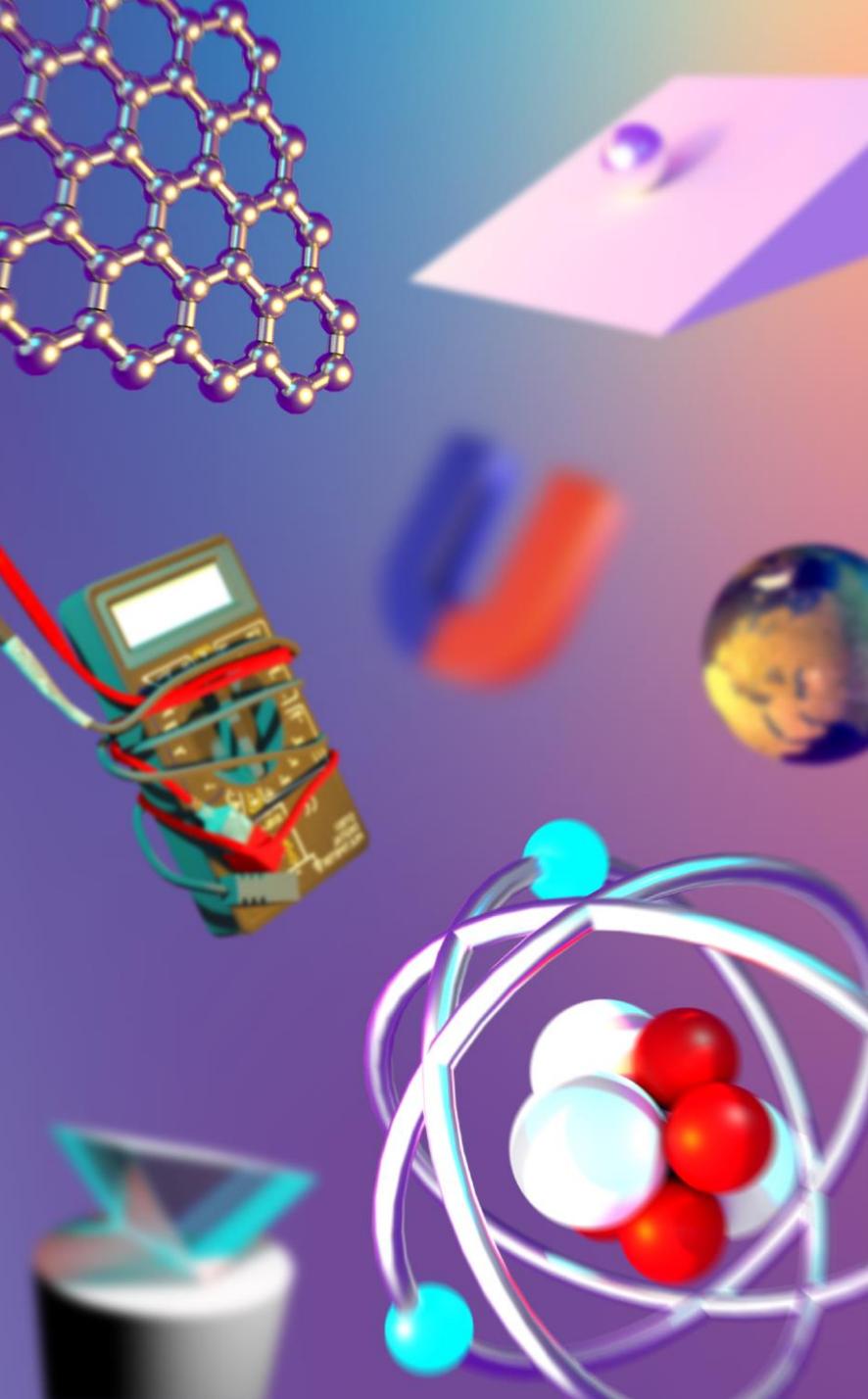
## ФОРМИРОВАНИЕ ЗАЧАТКОВ МЕЖПРЕДМЕТНОГО ВОСПРИЯТИЯ

**Человеческий организм и здоровье – подручная лаборатория с персонифицированными результатами исследований.**

- Измерить свой объем легких через плавучесть?
- Сколько мне нужно выпить воды, когда мучает жажда?
- При какой концентрации кислорода в легких мне очень хочется вдохнуть еще раз?

И не только человек:

- Почему птицы летают клином?
- Почему горы не до космоса?



ОТКРЫТЫЙ  
ИЗФАК

Медицина + Физика = !

Будьте здоровы!

МАКУРЕНКОВ  
Александр Михайлович  
доцент, к.ф.-м.н.

[MAKURENKOV@PHYSICS.MSU.RU](mailto:MAKURENKOV@PHYSICS.MSU.RU)