

ОТКРЫТЫЙ
ИЗФАК

К чему приводит межпредметный взгляд на мир

МАКУРЕНКОВ
Александр Михайлович

доцент, к.ф.-м.н.
MAKURENKOV@PHYSICS.MSU.RU



MAKURENKOV@PHYSICS.MSU.RU

КАФЕДРА МЕДИЦИНСКОЙ ФИЗИКИ

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

АЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ МАКУРЕНКОВ

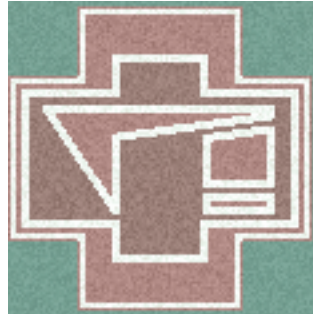
- Научные интересы: **физические основы перспективных медицинских технологий, работа мозга и сознания, терагерцовая спектроскопия биообъектов, мультаядерная магнитная томография, экстремальные состояния воды.**
- Доцент кафедры медицинской физики, кандидат физико-математических наук
- Заведующий бакалавриатом 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**

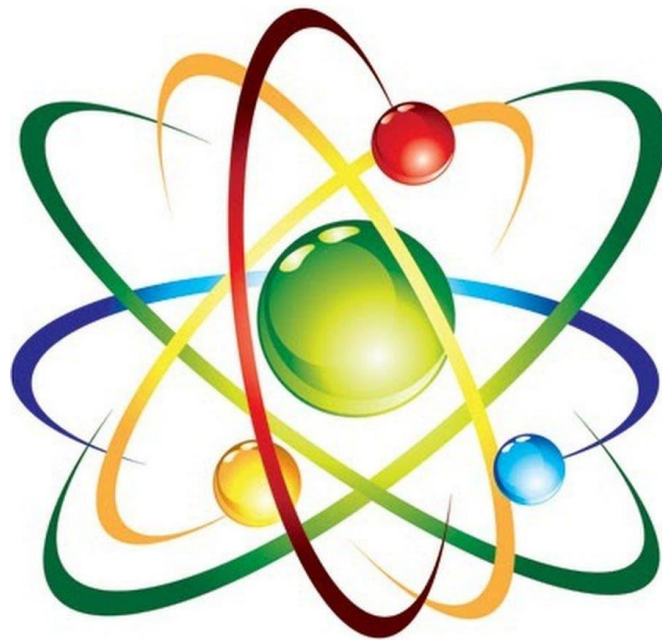


КАФЕДРА МЕДИЦИНСКОЙ ФИЗИКИ

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ МГУ ИМ. М.В. ЛОМОНОСОВА

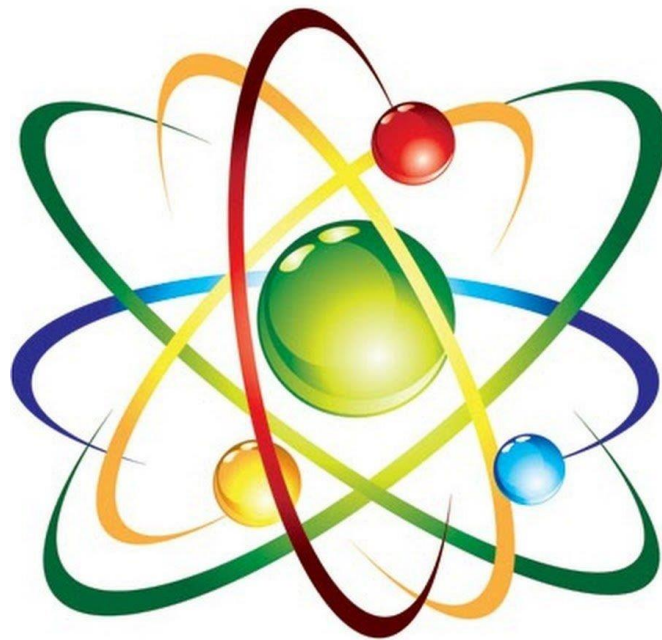
- Кафедра создана в 2001 году
- В 2001-2003 гг. набор на кафедру по отдельной специальности «Медицинская физика» (20 студентов)
- С 2003 года набор на кафедру в рамках общей специальности «Физика» (10-15 студентов из ~400)
- Распределение по кафедрам в конце 2го курса
- Выбор кафедры студентами на 1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

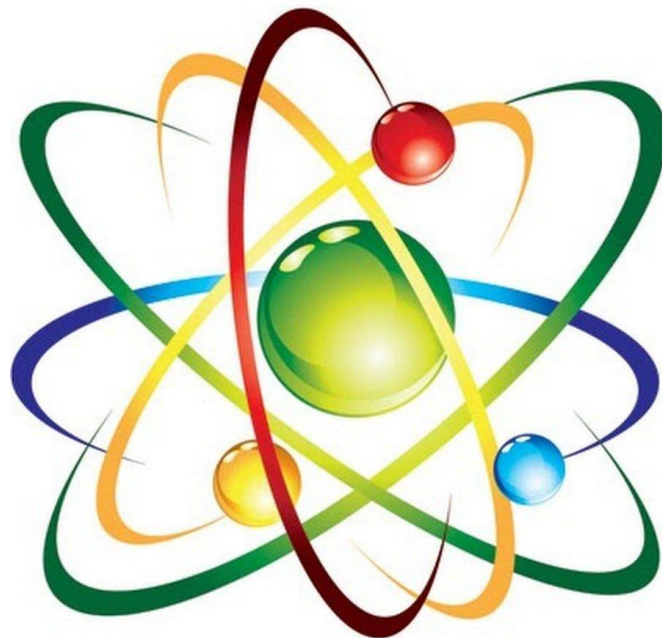


В ШКОЛЕ ИЗУЧАЛ В ОСНОВНОМ
ФИЗИКУ
= ГОТОВИЛСЯ К ЕГЭ

КАК ВЫБРАТЬ СВОЮ КАФЕДРУ В 18-19 ЛЕТ?



БИОЛОГИЯ

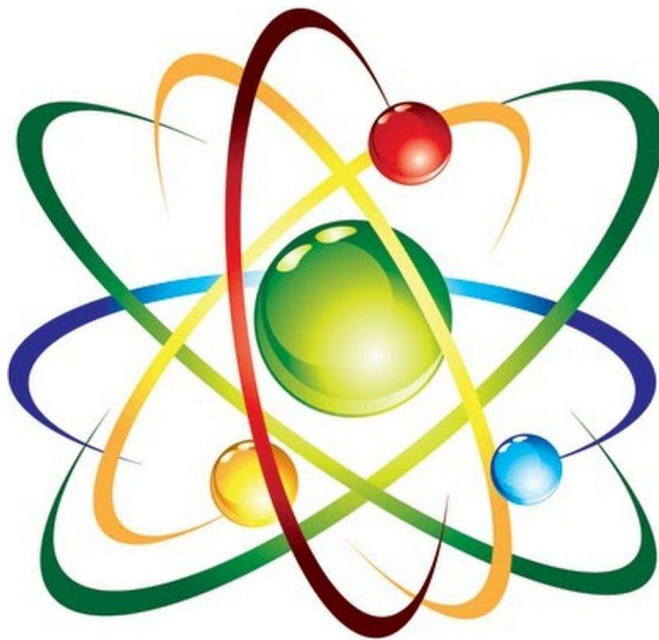


В ШКОЛЕ ИЗУЧАЛ В ОСНОВНОМ
ФИЗИКУ
= ГОТОВИЛСЯ К ЕГЭ

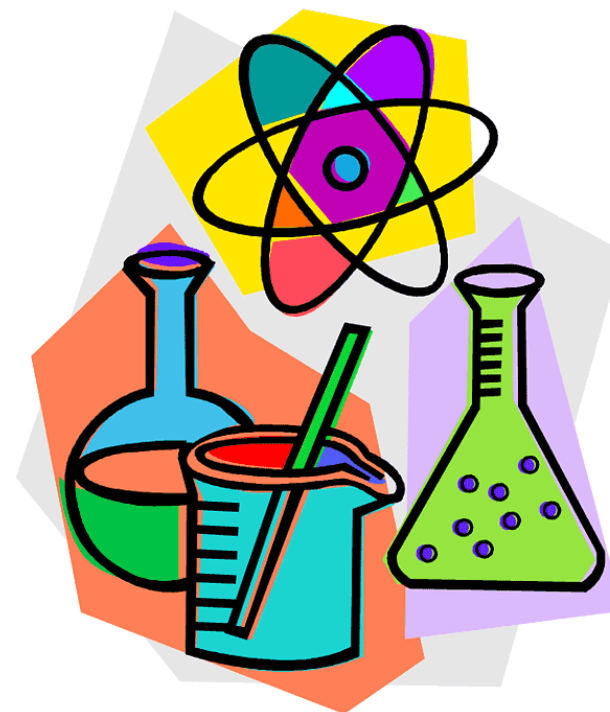
КАК ВЫБРАТЬ СВОЮ КАФЕДРУ В 18-19 ЛЕТ?



БИОЛОГИЯ



В ШКОЛЕ ИЗУЧАЛ В ОСНОВНОМ
ФИЗИКУ
= ГОТОВИЛСЯ К ЕГЭ

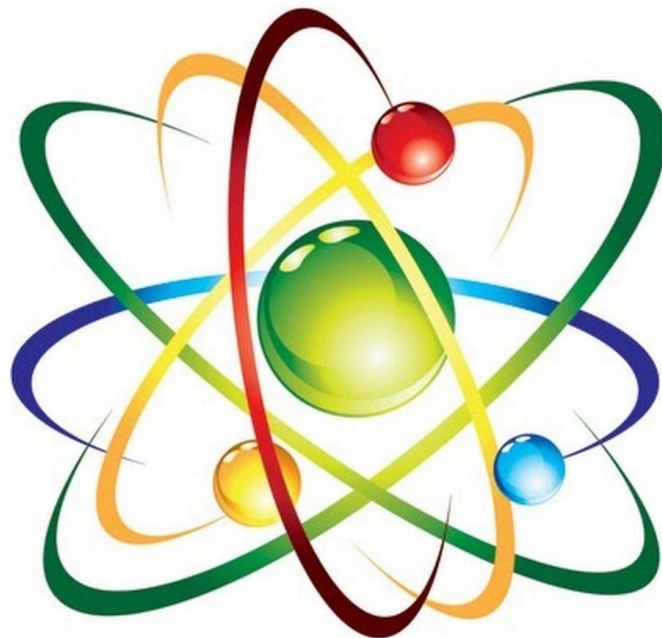


ХИМИЯ

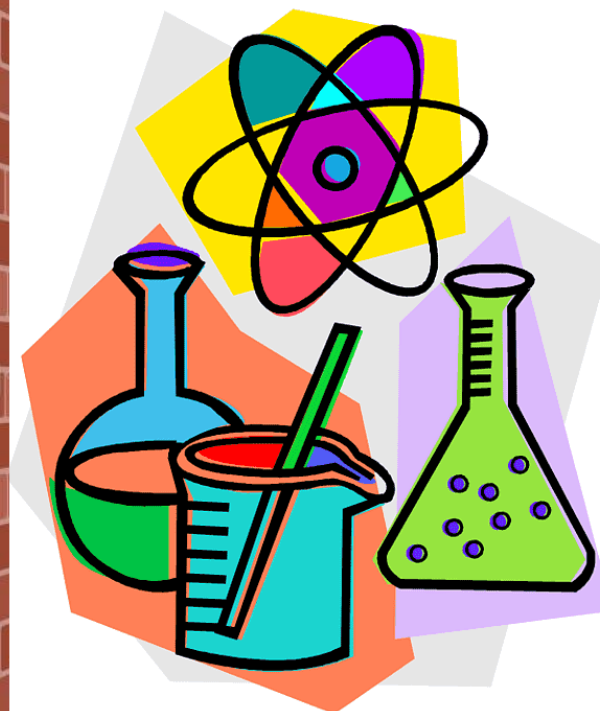
КАК ВЫБРАТЬ СВОЮ КАФЕДРУ В 18-19 ЛЕТ?



БИОЛОГИЯ



В ШКОЛЕ ИЗУЧАЛ В ОСНОВНОМ
ФИЗИКУ
= ГОТОВИЛСЯ К ЕГЭ



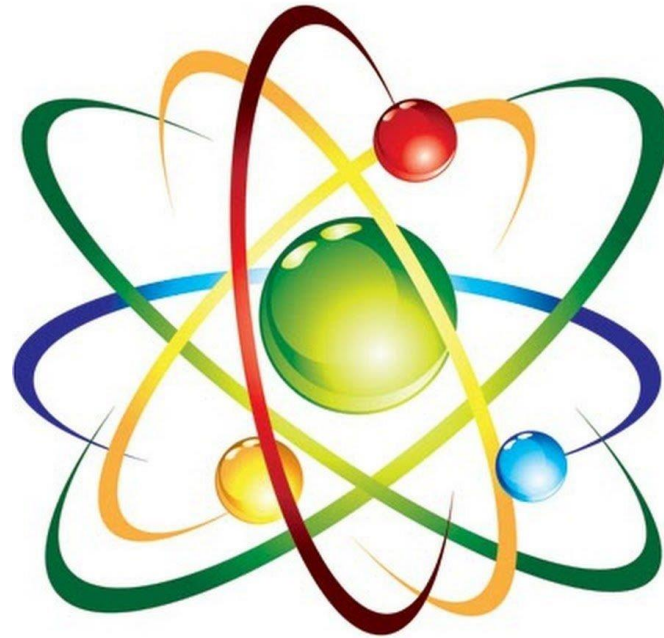
ХИМИЯ

КАК ВЫБРАТЬ СВОЮ КАФЕДРУ В 18-19 ЛЕТ?



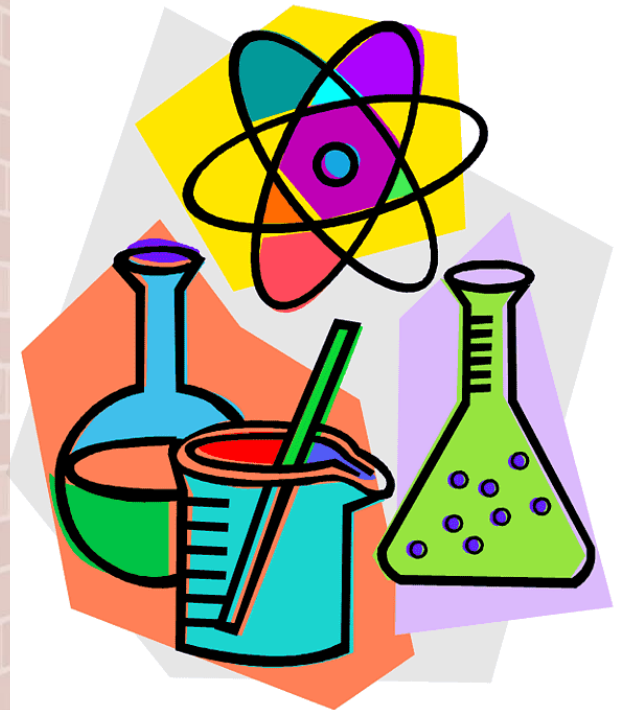
БИОЛОГИЯ

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.
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ	
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

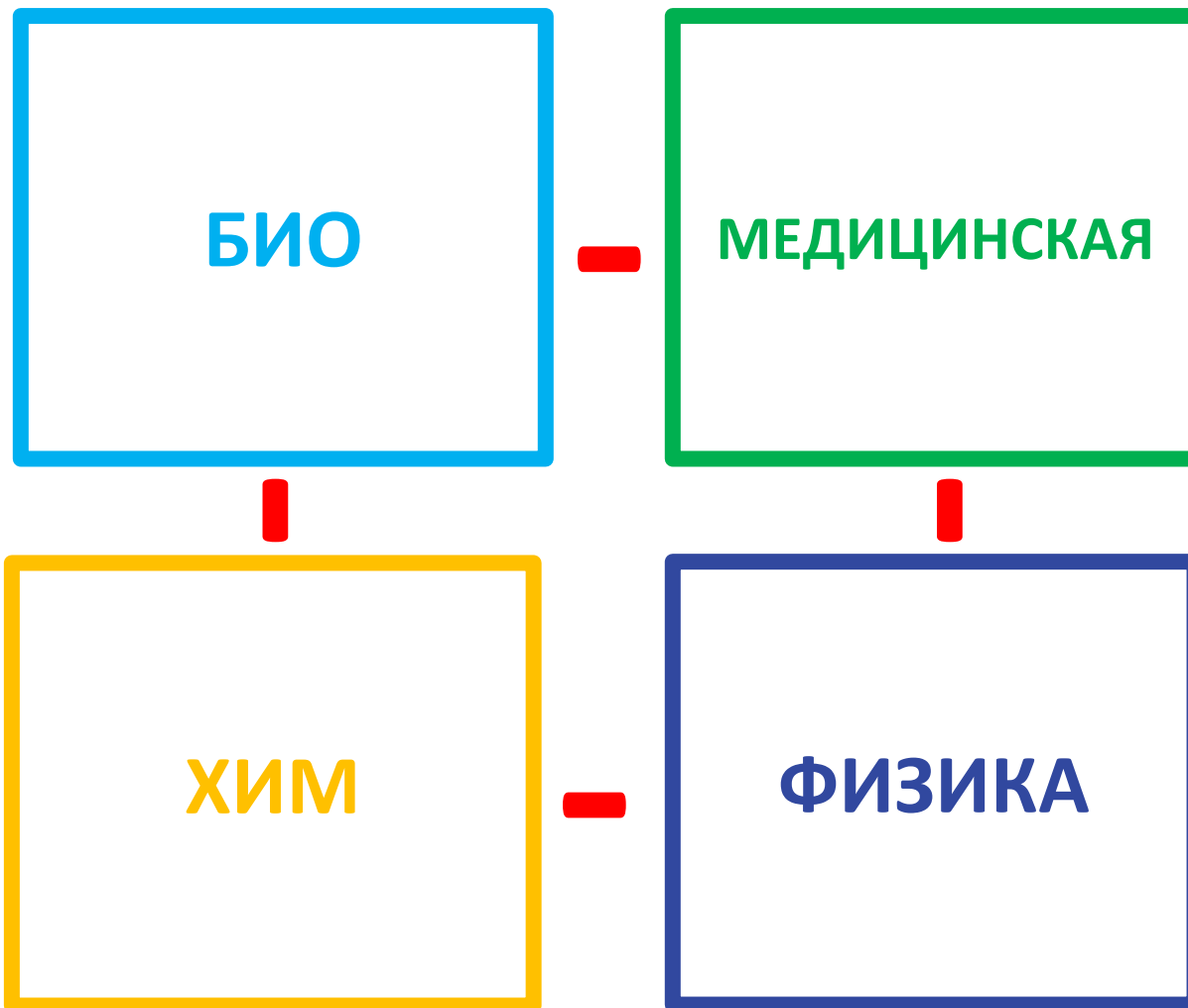


МАТЕМАТИЧЕСКИЕ

НАУКИ

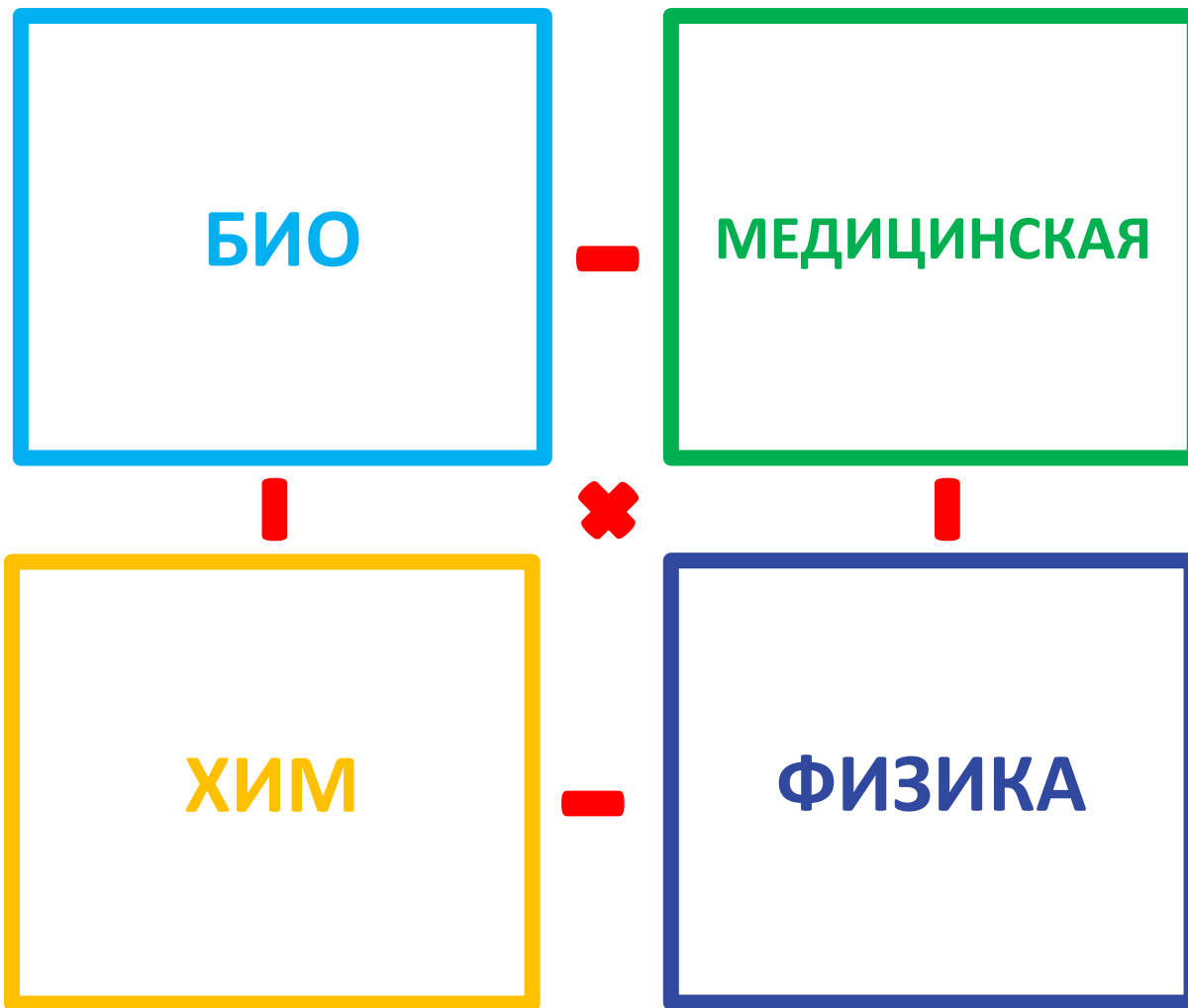


КУДА ЖЕ НАПРАВЛЕН МЕЖПРЕДМЕТНЫЙ ФОКУС ВНИМАНИЯ

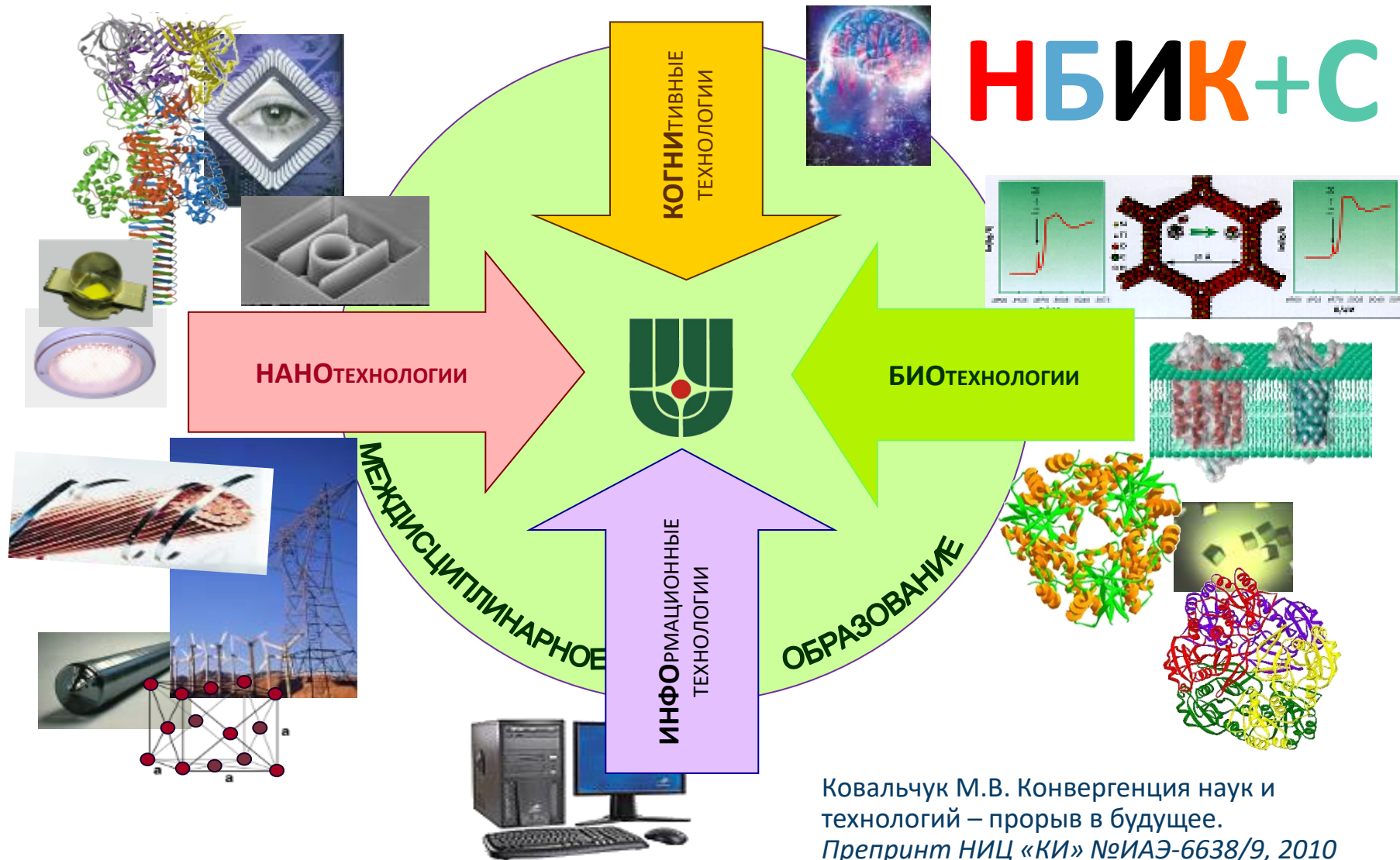




КУДА ЖЕ НАПРАВЛЕН МЕЖПРЕДМЕТНЫЙ ФОКУС ВНИМАНИЯ



Конвергенция наук и технологий



Михайло Васильевич ЛОМОНОСОВ

1711-1765

в 2025 г. – 270-летие
Московского университета



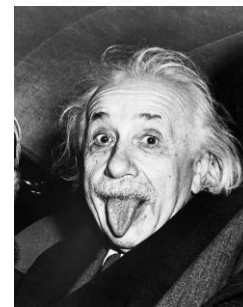
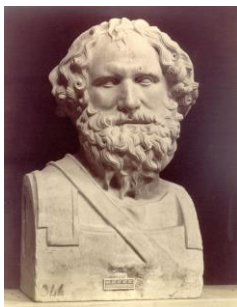
РАБОТЫ ПО

ХИМИИ
ФИЗИКЕ
АСТРОНОМИИ
ИНЖЕНЕРИИ
ГЕОГРАФИИ
ЛИТЕРАТУРЕ
ОБРАЗОВАНИЮ
ГЕОЛОГИИ
ИСТОРИИ
ПОЭЗИИ
ИСКУССТВУ





КТО МЫ?



КТО ТАКОЙ УЧЁНЫЙ ?!

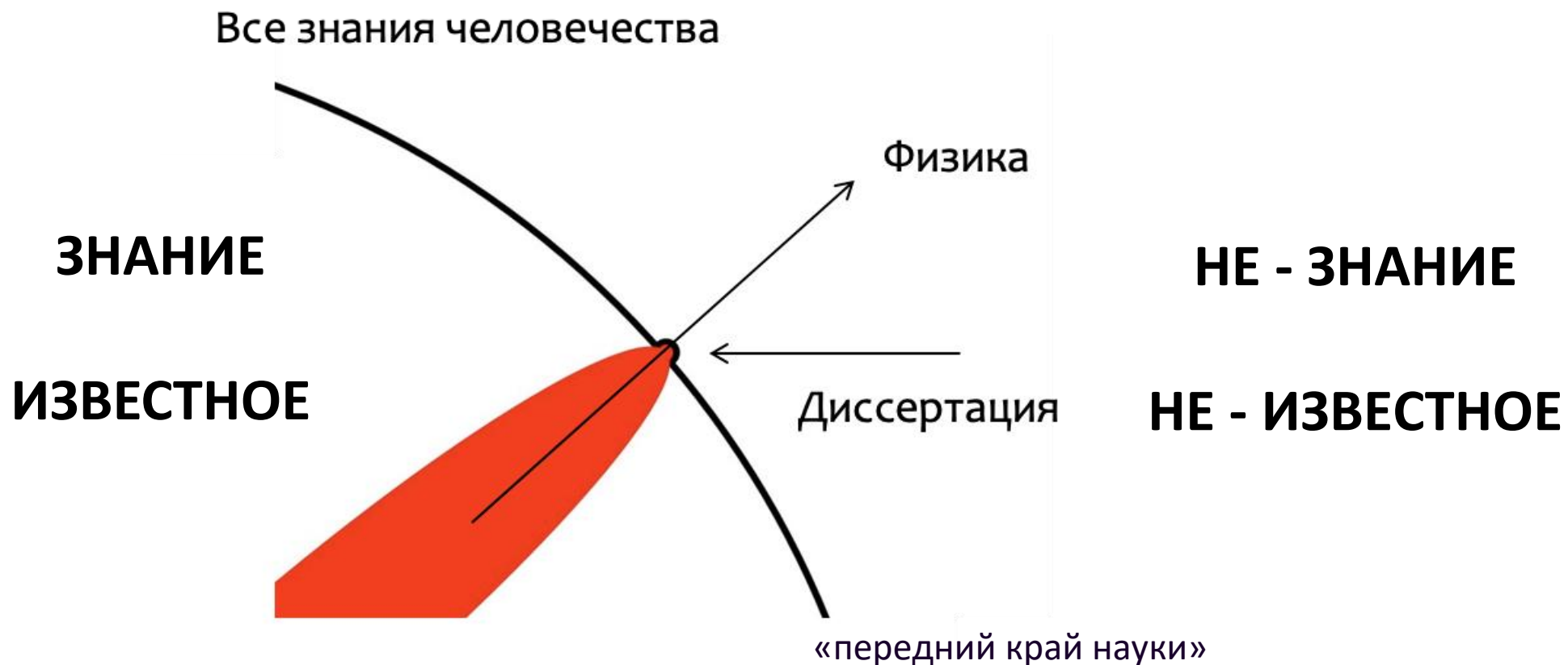
научный сотрудник

кандидат наук

диплом выпускника

младший коллега
больших учёных

Кто ТАКОЙ УЧЕНЫЙ? Работает на границе познания

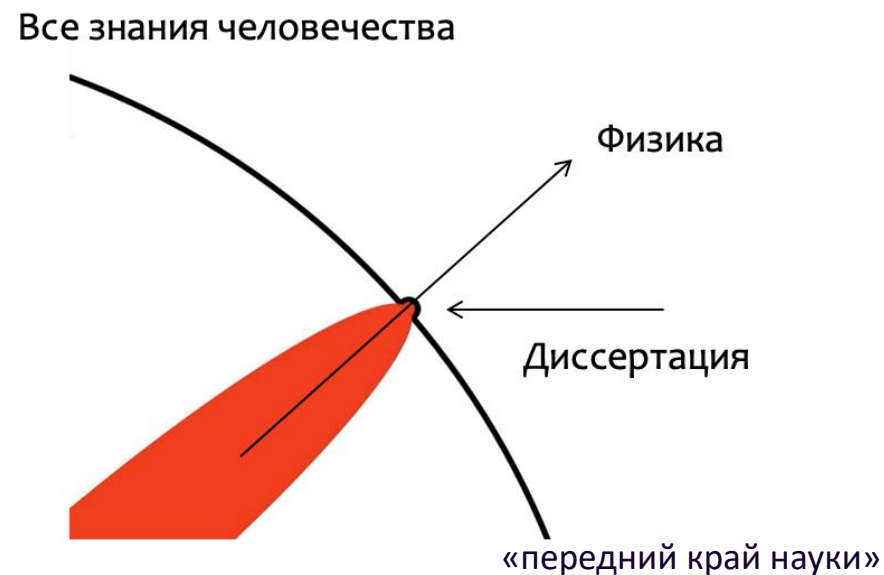


Быть исследователем

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

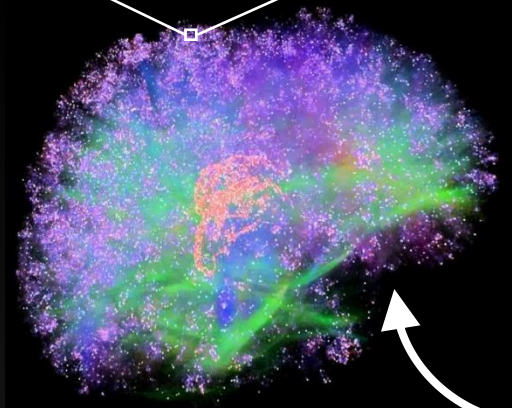
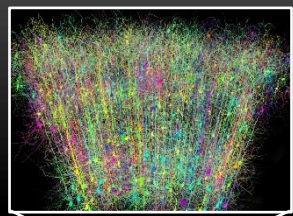


Отдел нейронаук, НИЦ «Курчатовский институт»
Центр нейронаук и когнитивных наук МГУ
Институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина

© 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

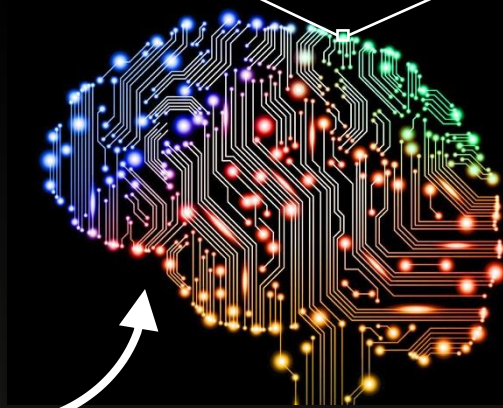
йоттабайты
(10^{24} бит) данных

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

**модели
сознания и
когнитивных
функций мозга**

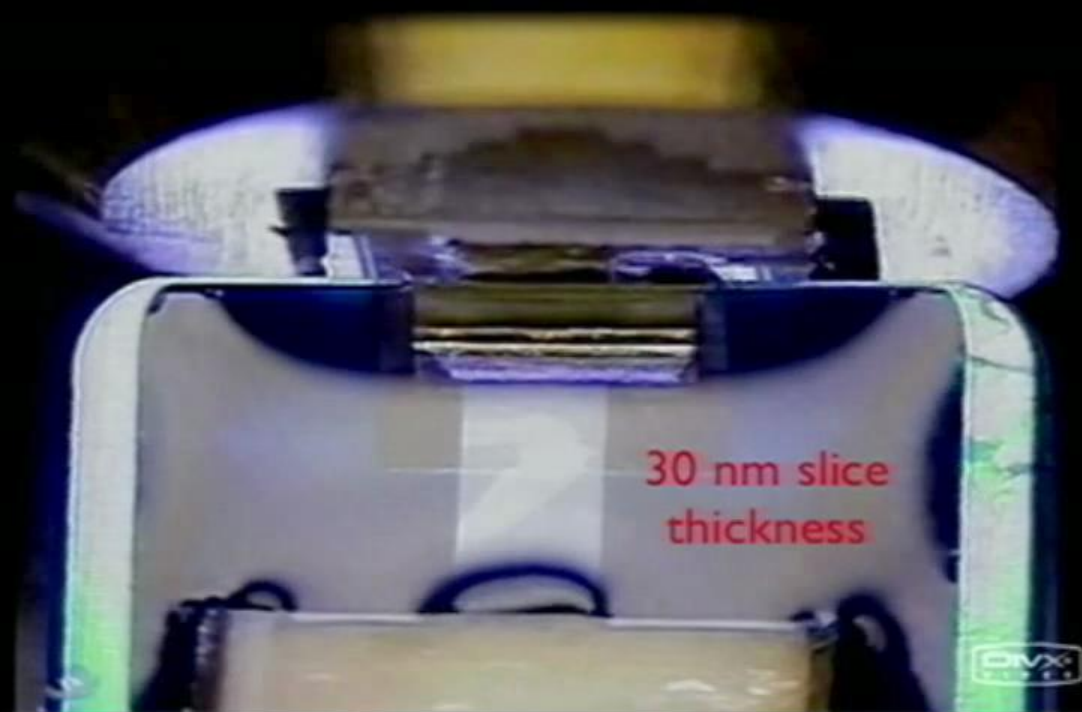
гиперастрономическое
число состояний мозга

3. Искусственный мозг и разум

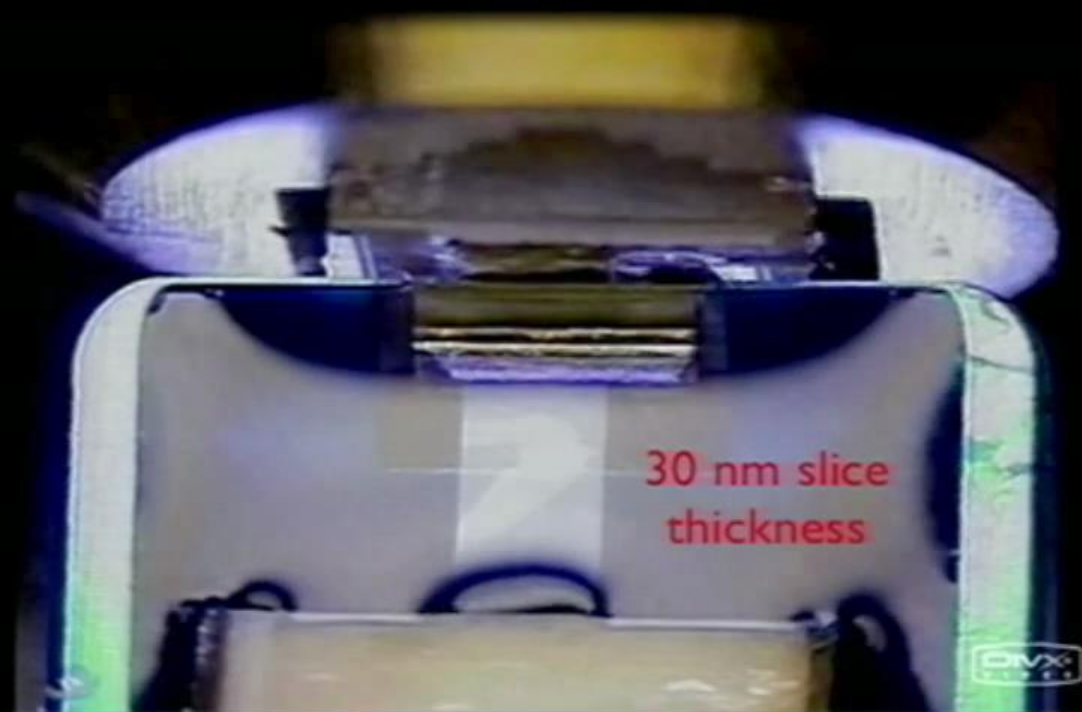


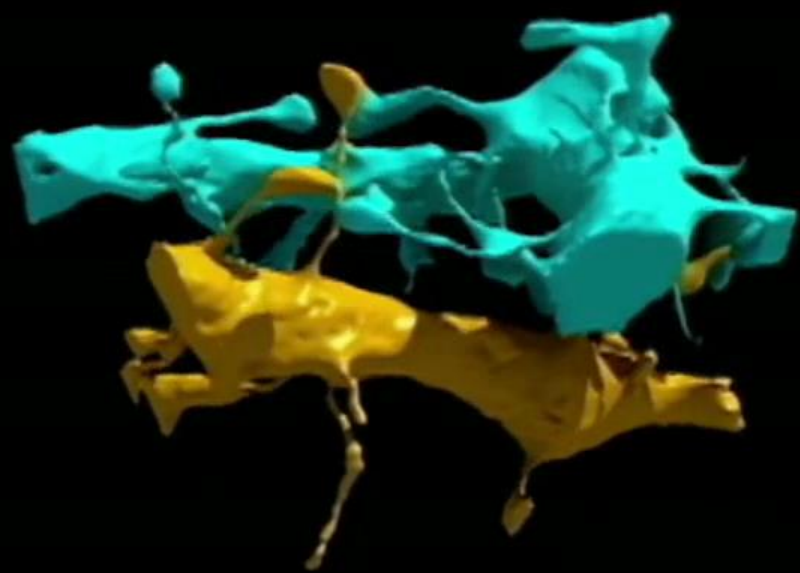
Самое масштабное моделирование
мозга человека (2013 г.): расчет 1 сек
активности 1% нейронов мозга –
40 мин работы 4-го по мощности
суперкомпьютера в мире (K-computer)


Hayworth, Kasthuri, Schalek, Lichtman

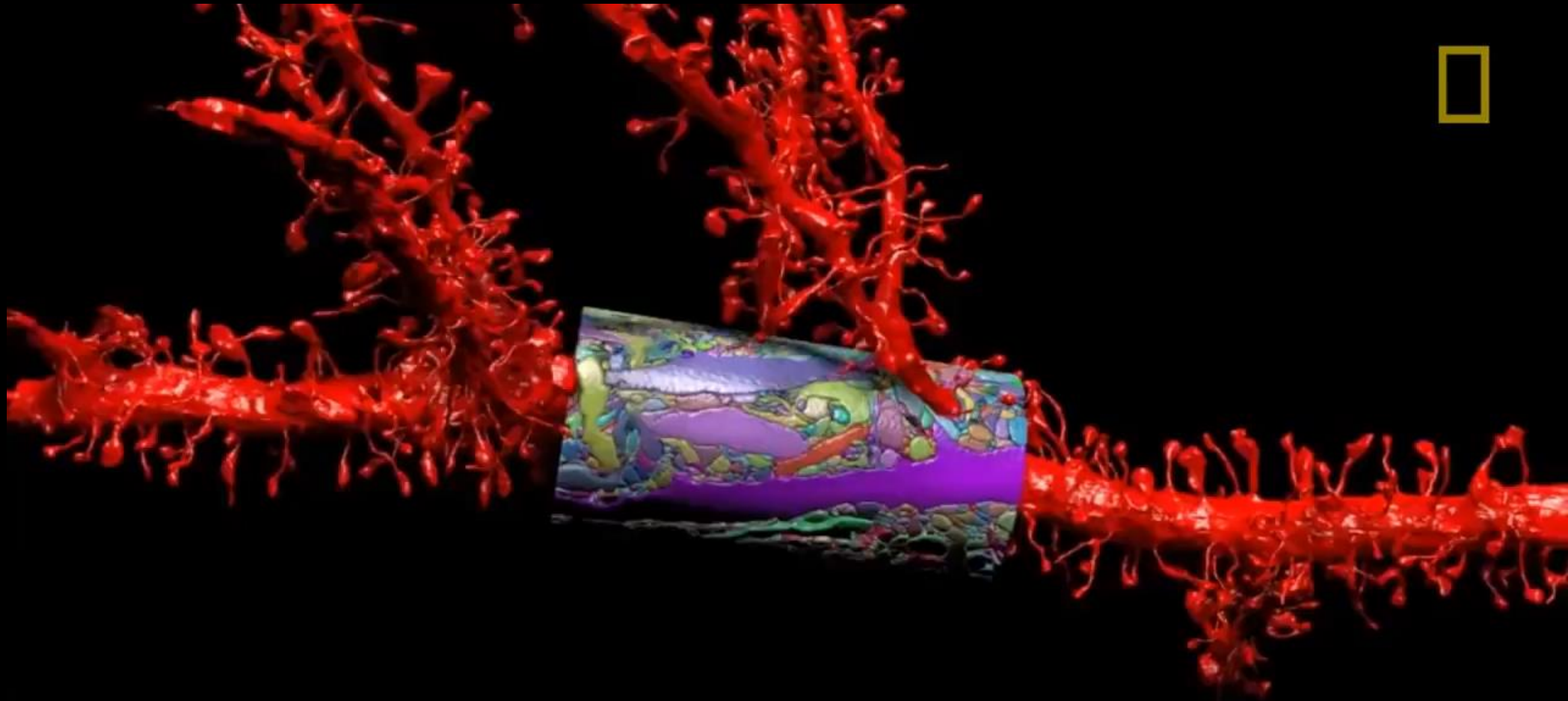


Hayworth, Kasthuri, Schalek, Lichtman



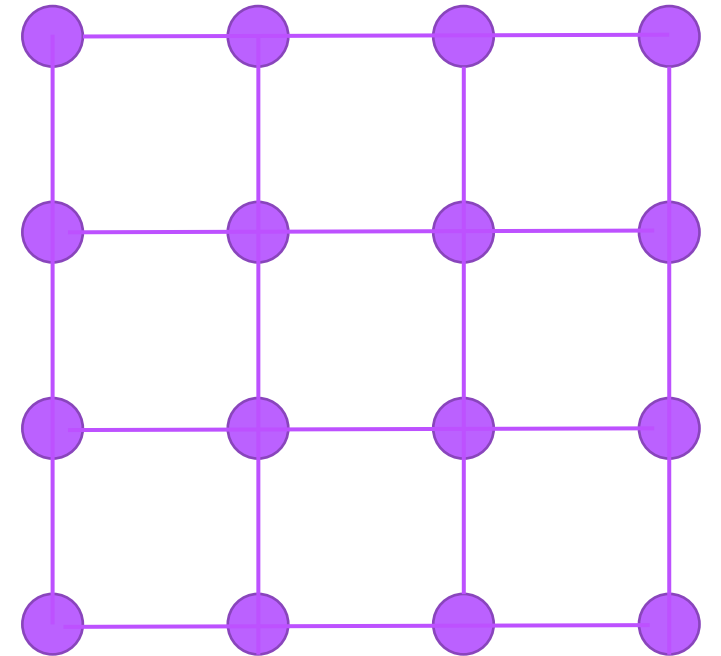


rendering: Daniel Berger 



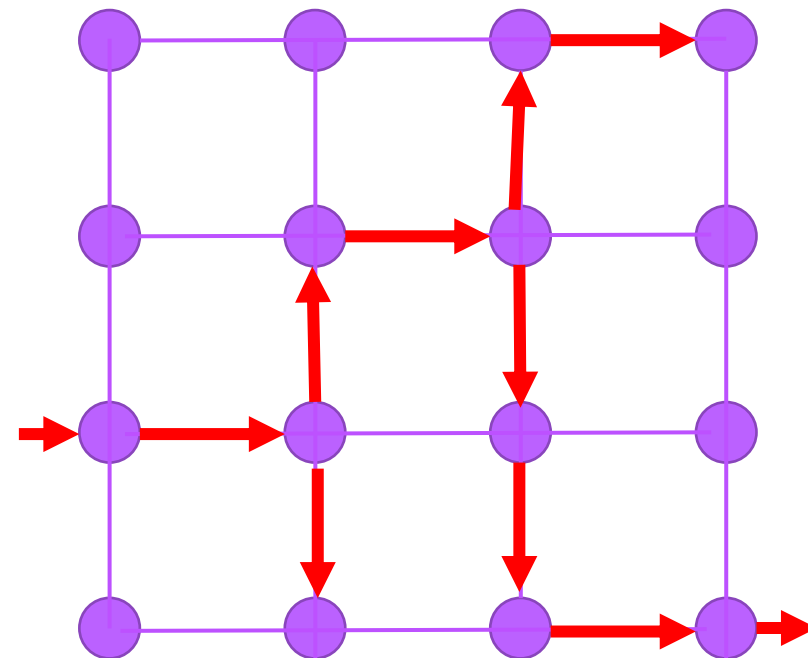


Принцип формирования нейронных связей



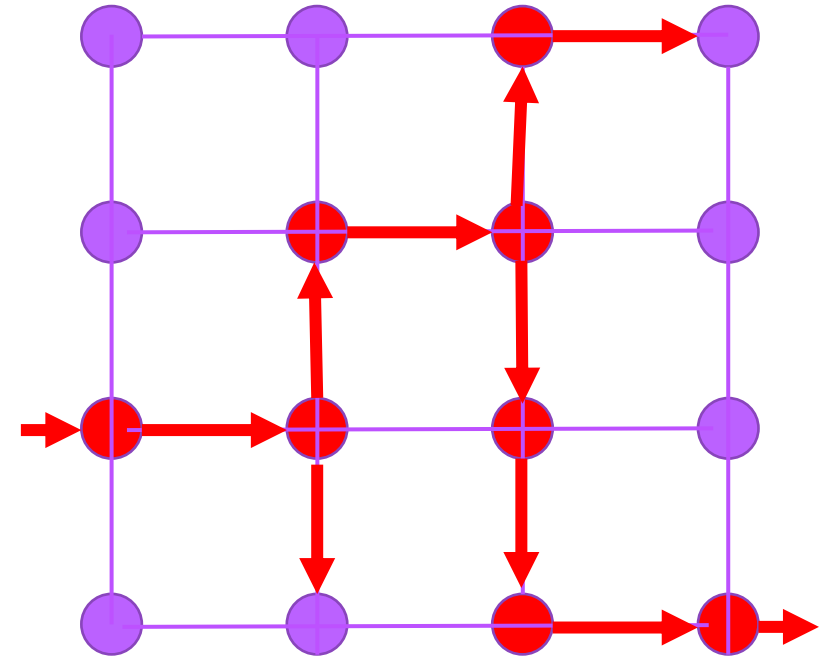


Принцип формирования нейронных связей



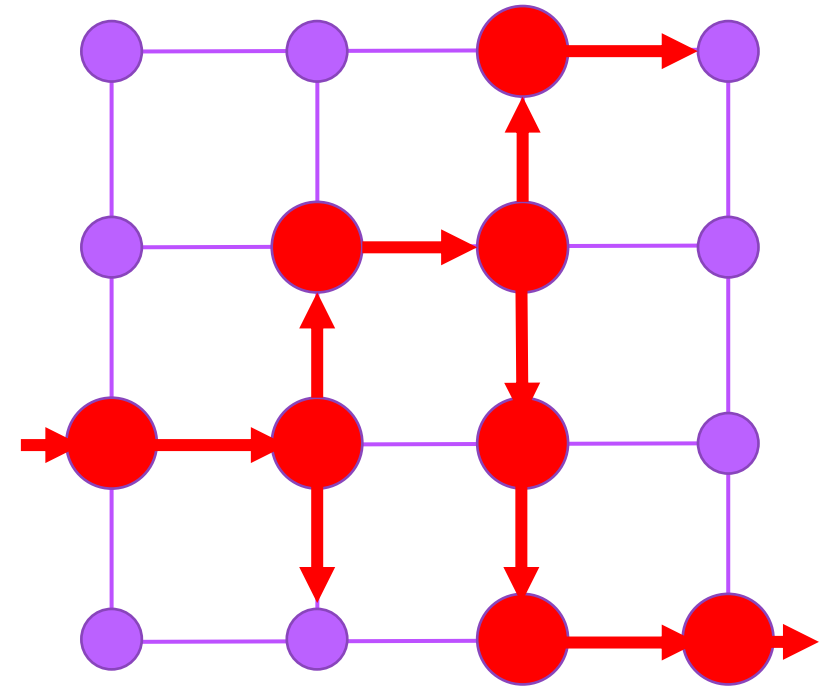


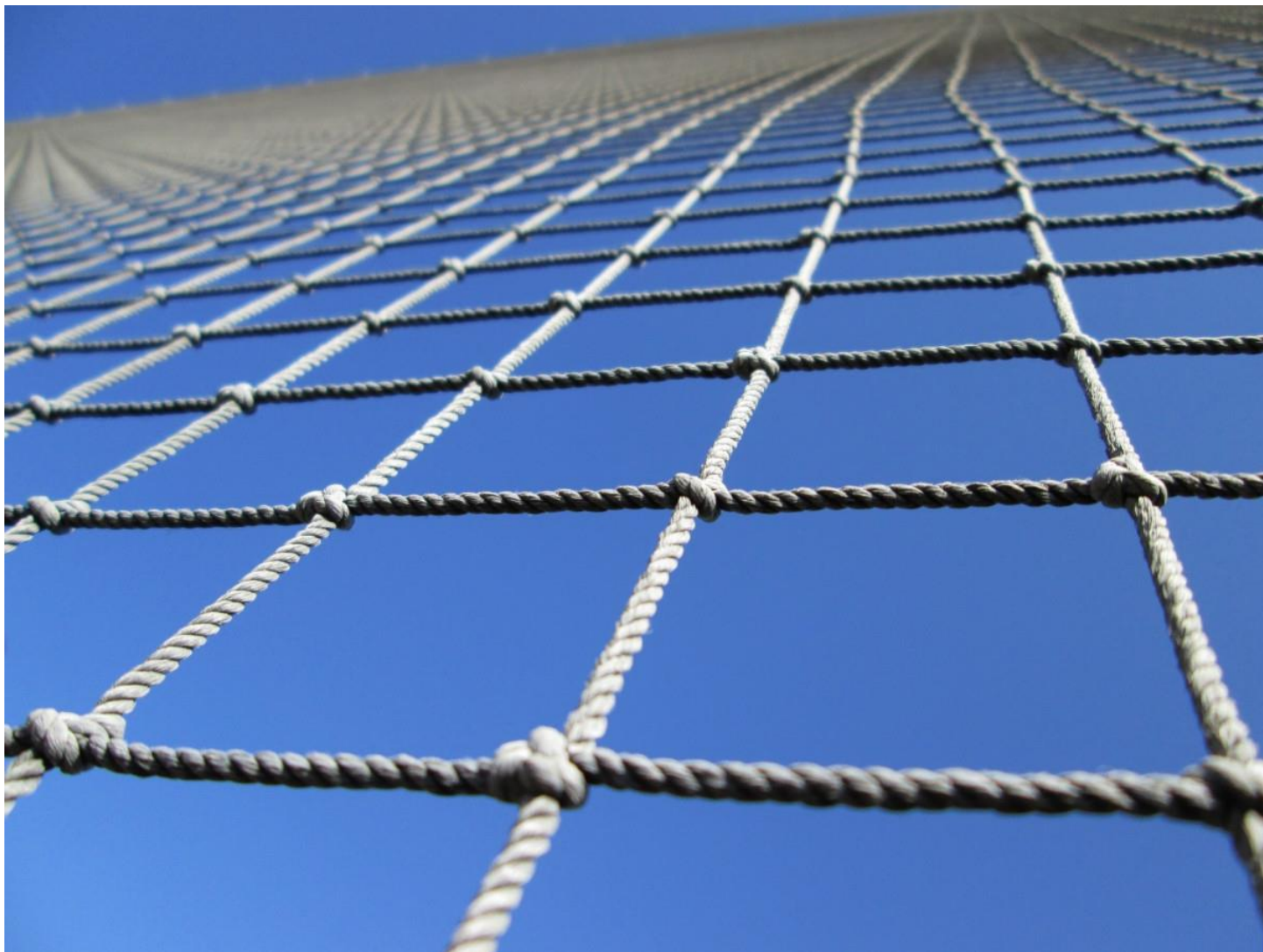
Принцип формирования нейронных связей



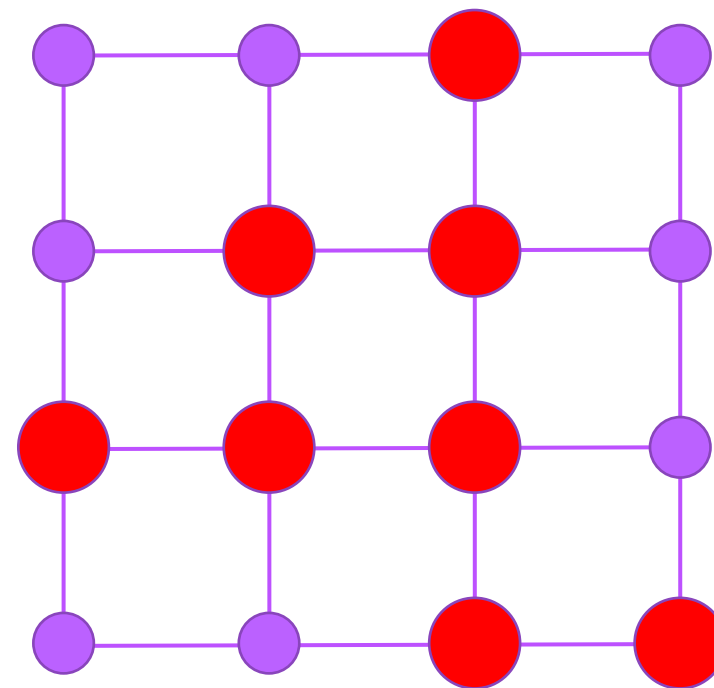


Принцип формирования нейронных связей



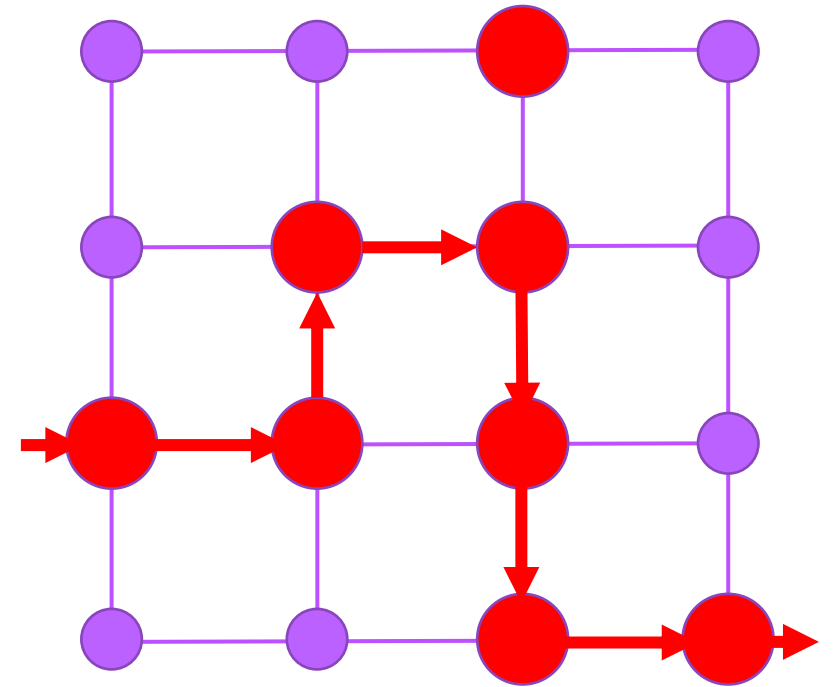


Принцип формирования нейронных связей



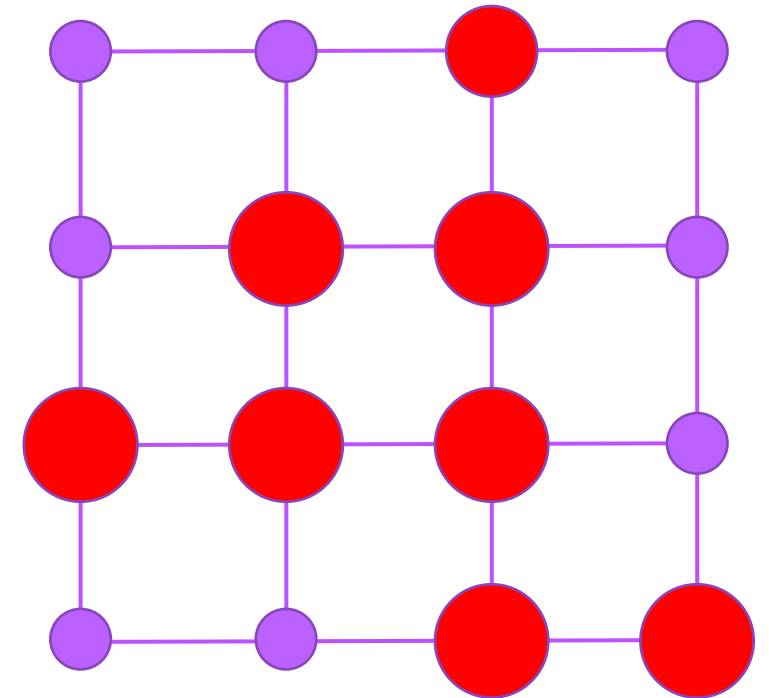


Принцип формирования нейронных связей





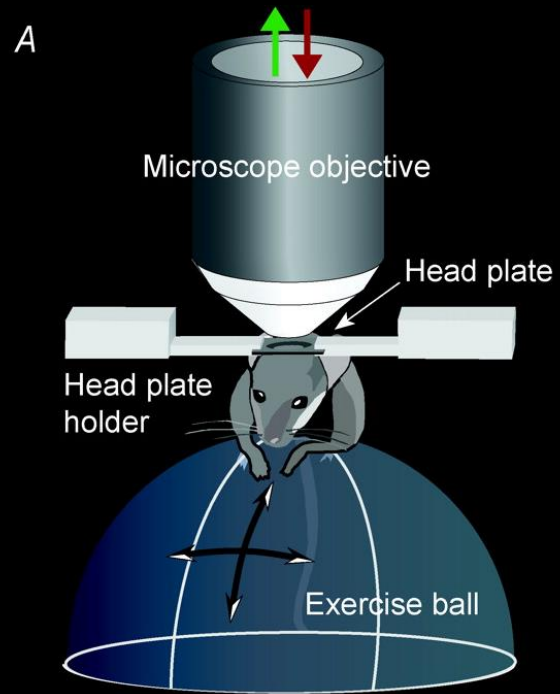
Принцип формирования нейронных связей



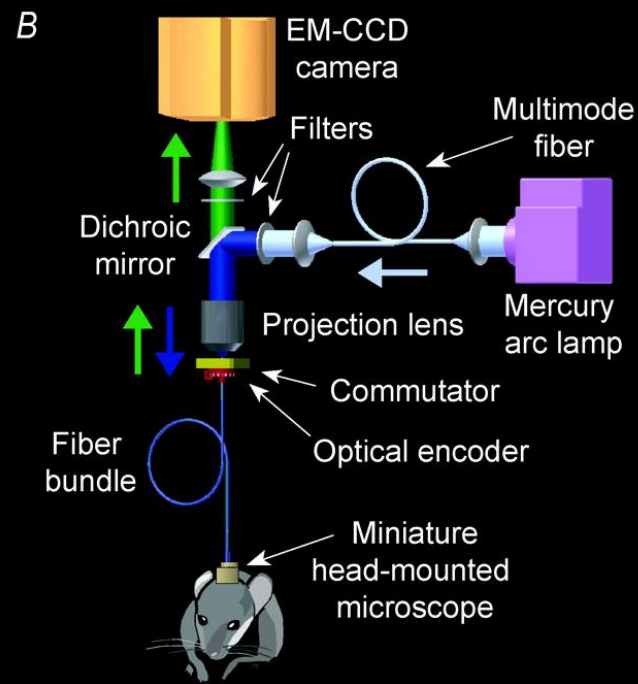
НЕЙРОФОТОНИКА:
ОПТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ
К РАСШИФРОВКЕ КЛЕТОЧНОГО КОДА
РАЗУМА И СОЗНАНИЯ

Прижизненная визуализация когнитивно специализированных нейронов

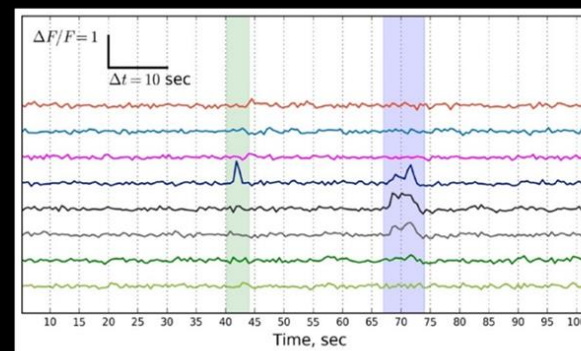
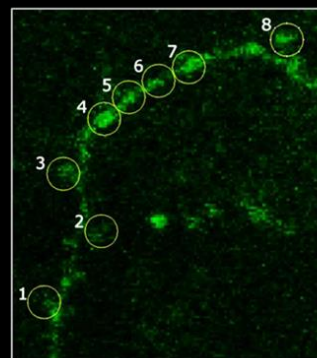
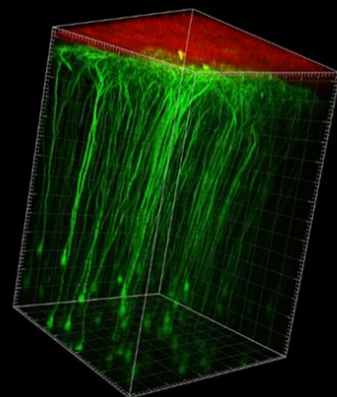
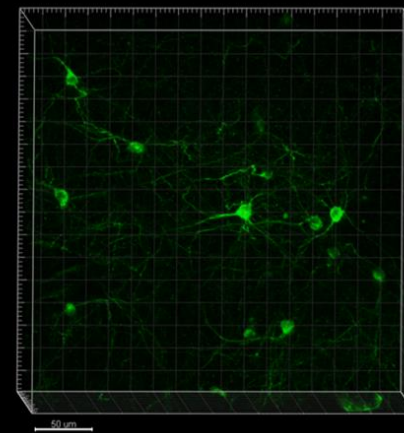
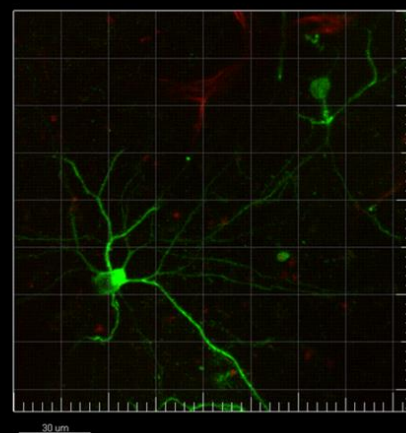
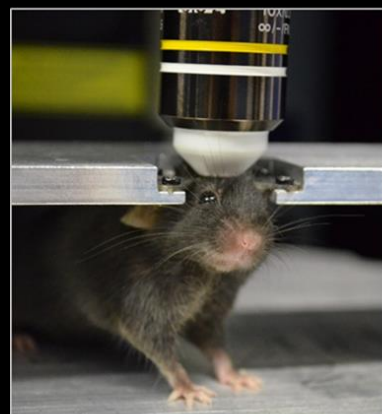
Двухфотонная
микроскопия



Однофотонная
минимикроскопия



Прижизненная двухфотонная микроскопия когнитивно индексируемых нейронов

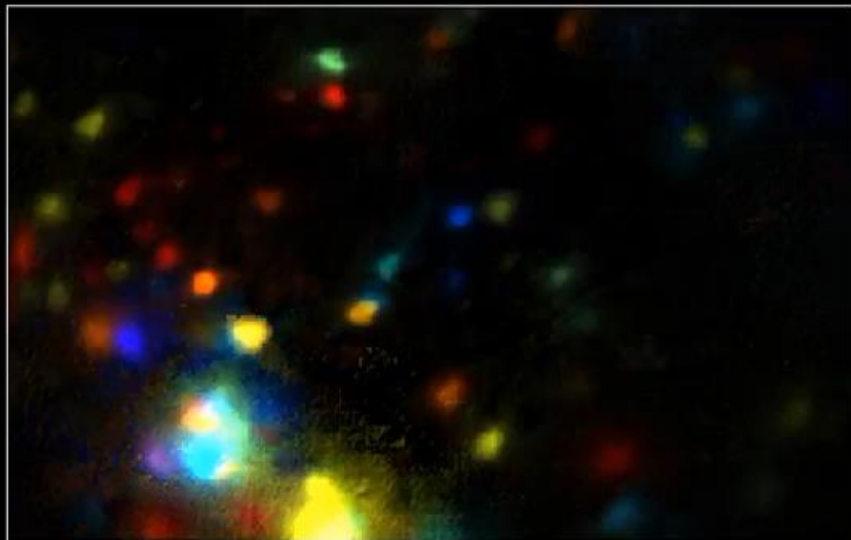


Динамическая оптическая визуализация областей активности гиппокампа мыши при различном поведении

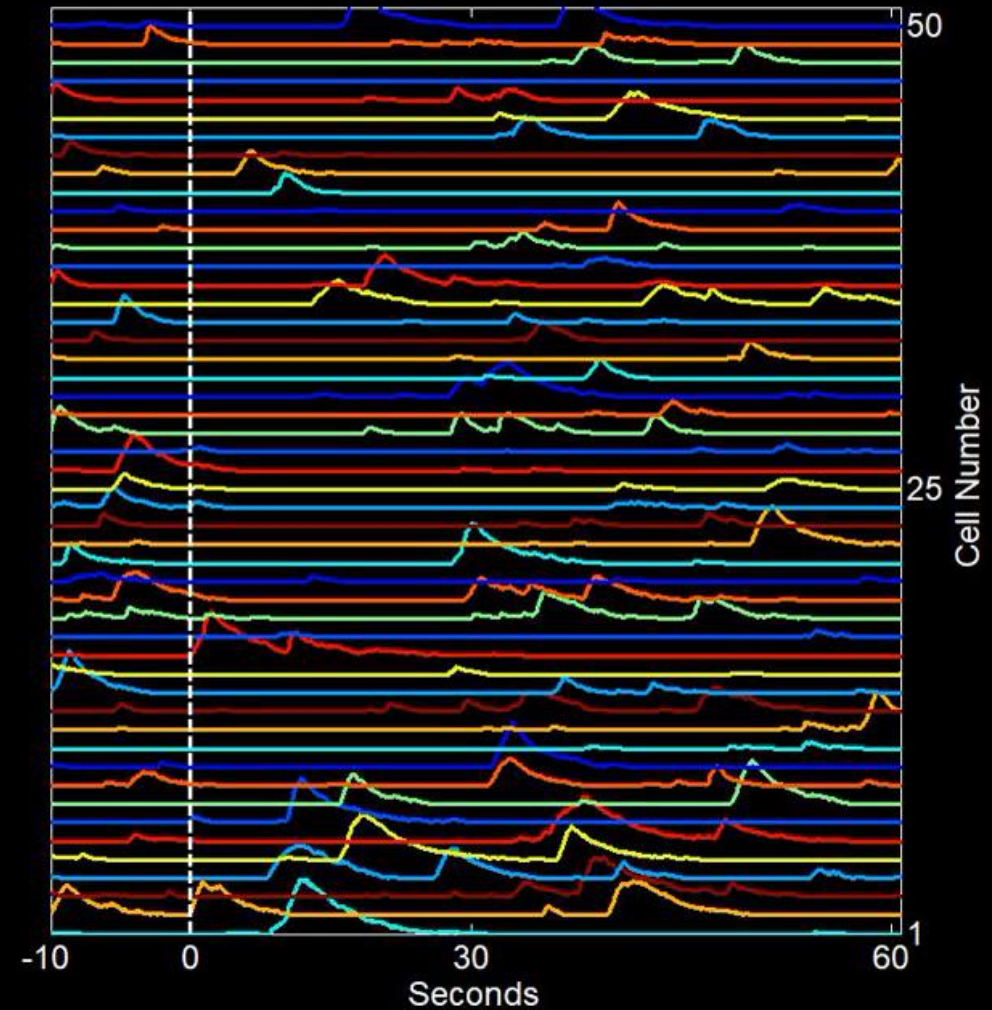
Miniscope | 2m Linear Track



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

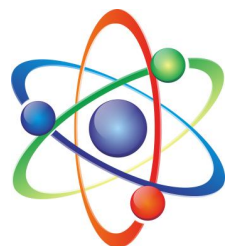
- Точность метода 95%
- Что важно физикам? погрешность
- Что важно врачам? Клятва Гиппократата
- К чему это приводит?



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
МЕЖдисциплинарный, **МУЛЬТИ**дисциплинарный
Каждая наука дает свой вклад в решение



Междисциплинарность = междисциплинарный подход

КРОСС-дисциплинарный подход

Одна наука оказывает воздействие на развитие другой науки

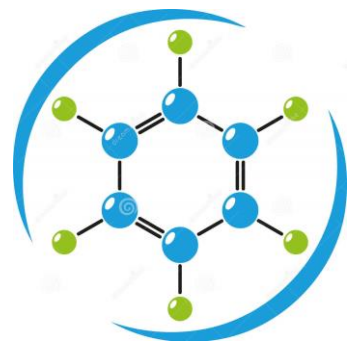
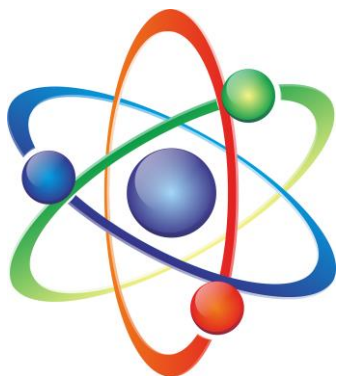


Междисциплинарность = междисциплинарный подход

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

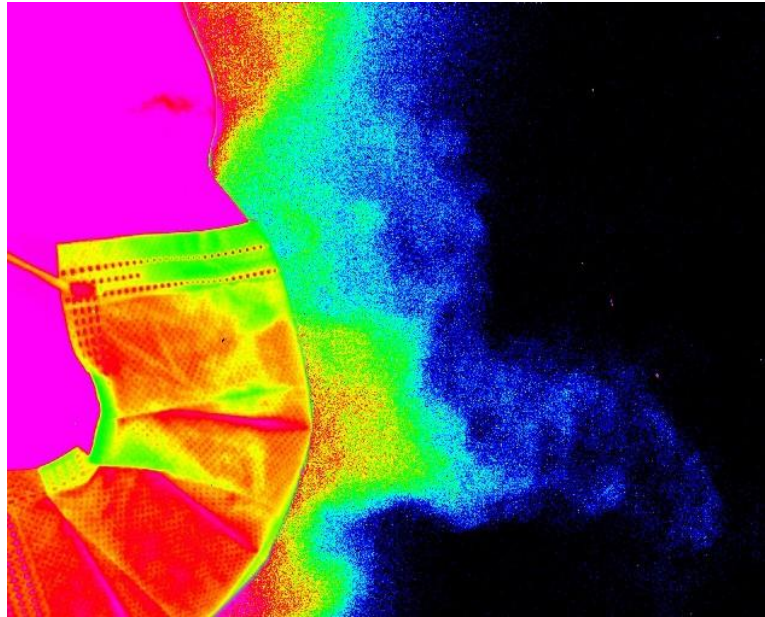
МАКУРЕНКОВ
Александр Михайлович

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

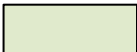
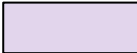
Частота съемки: **15-50 Гц**

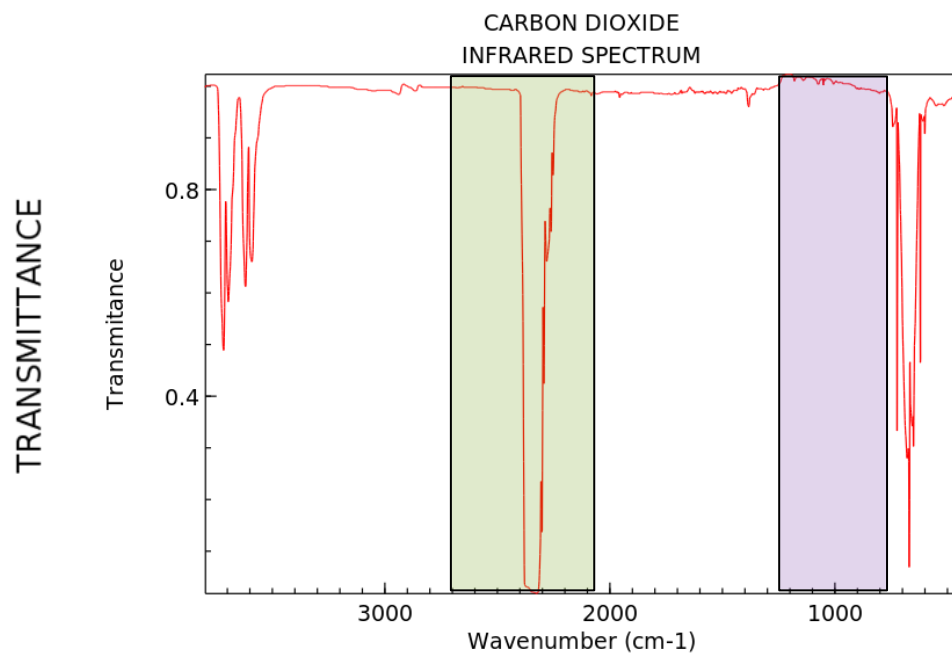
Спектральный диапазон: **3,7 - 4,8 мкм**

Разрешение: **0.2-0.3 мм/пикс**

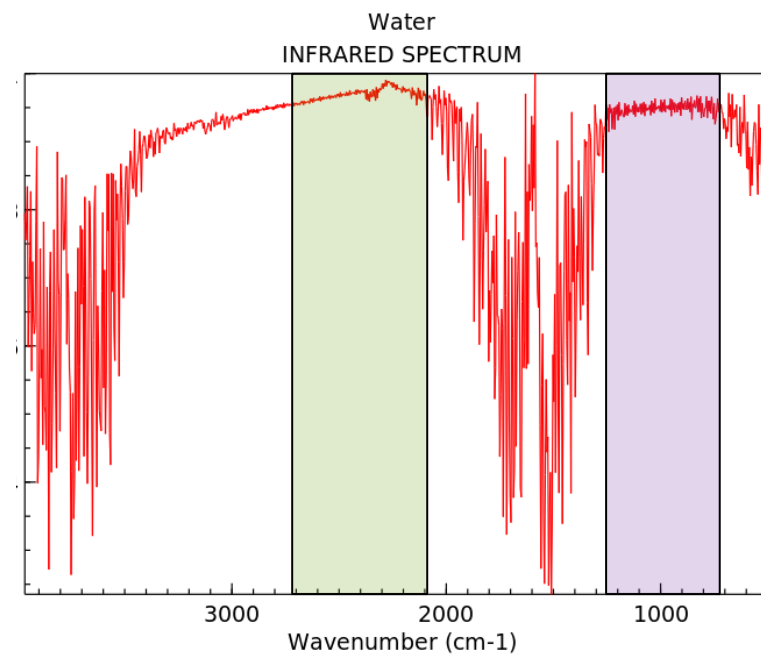
Время интеграции: **1052 мкс**

СЪЕМКА В ДИАПАЗОНАХ СПЕКТРА УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА И ВОДЯНОГО ПАРА

 FLIR SC7700 (3.7-4.8 μm)
 COX CX640 (8-14 μm)

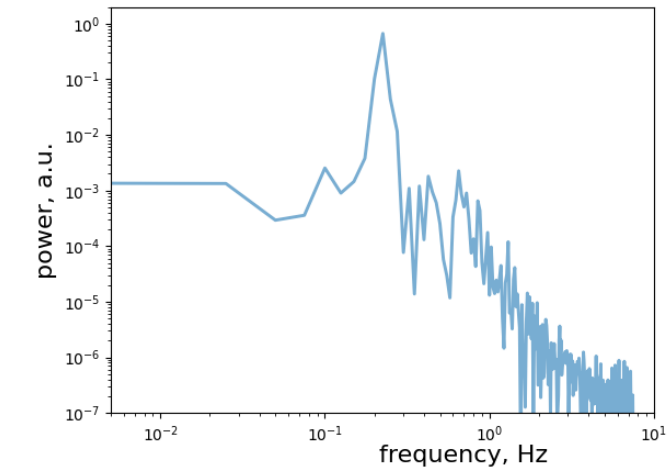
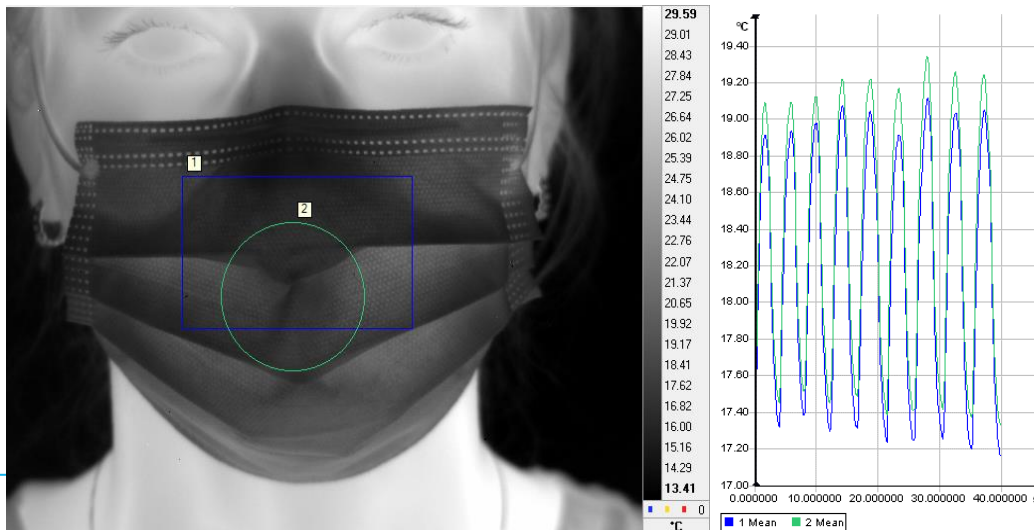
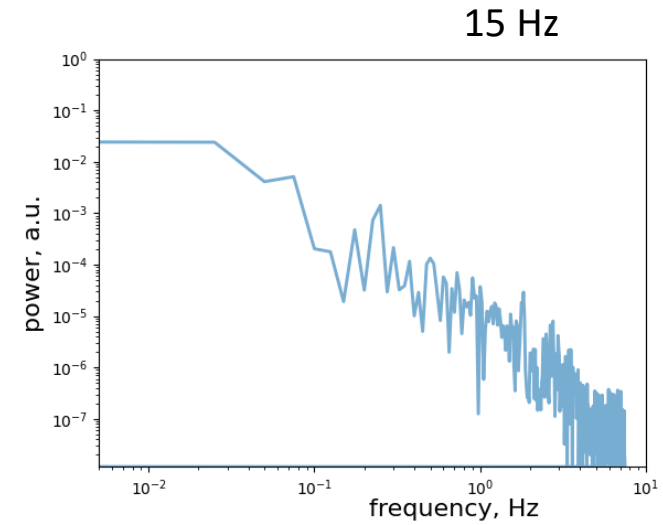
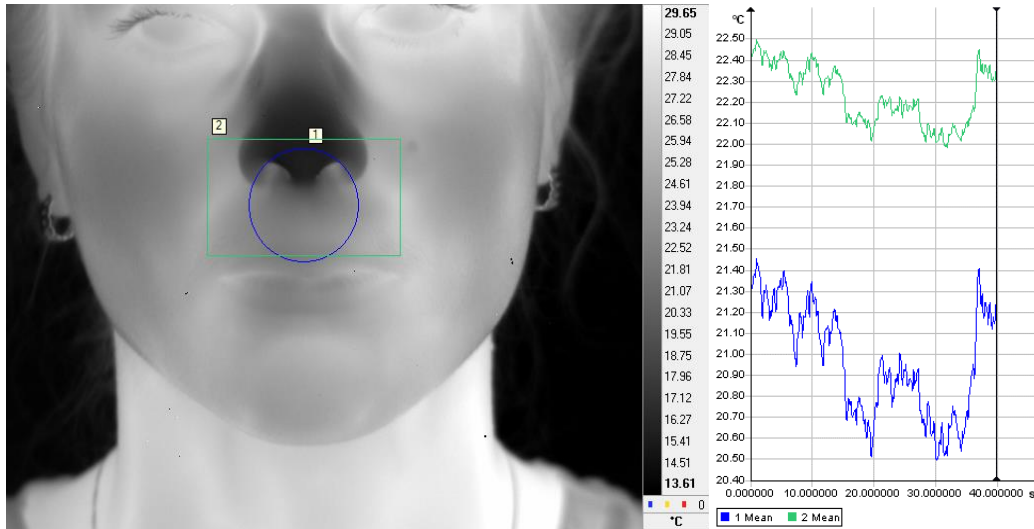


NIST Chemistry WebBook (<https://webbook.nist.gov/chemistry>)



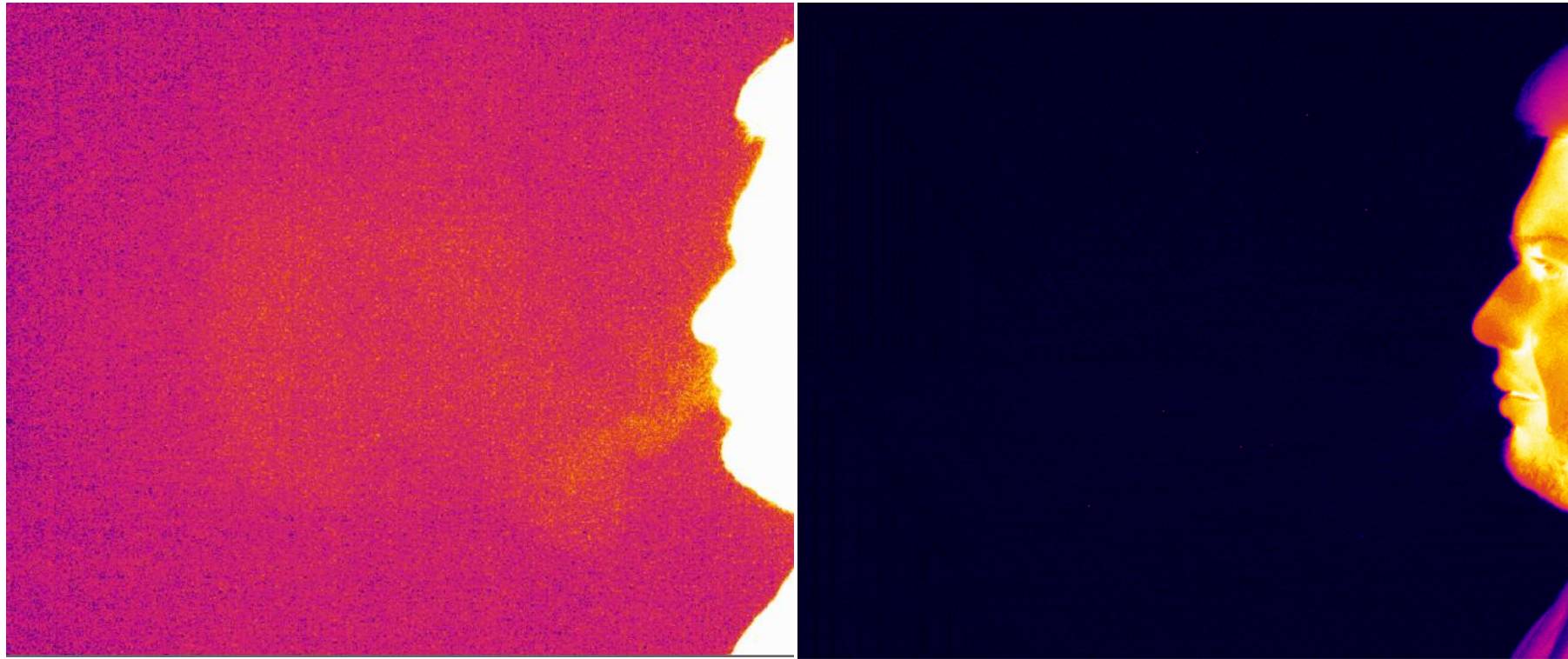
istry WebBook (<https://webbook.nist.gov/chemistry>)

ТЕПЛОВИЗИОННАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ДЫХАНИЯ



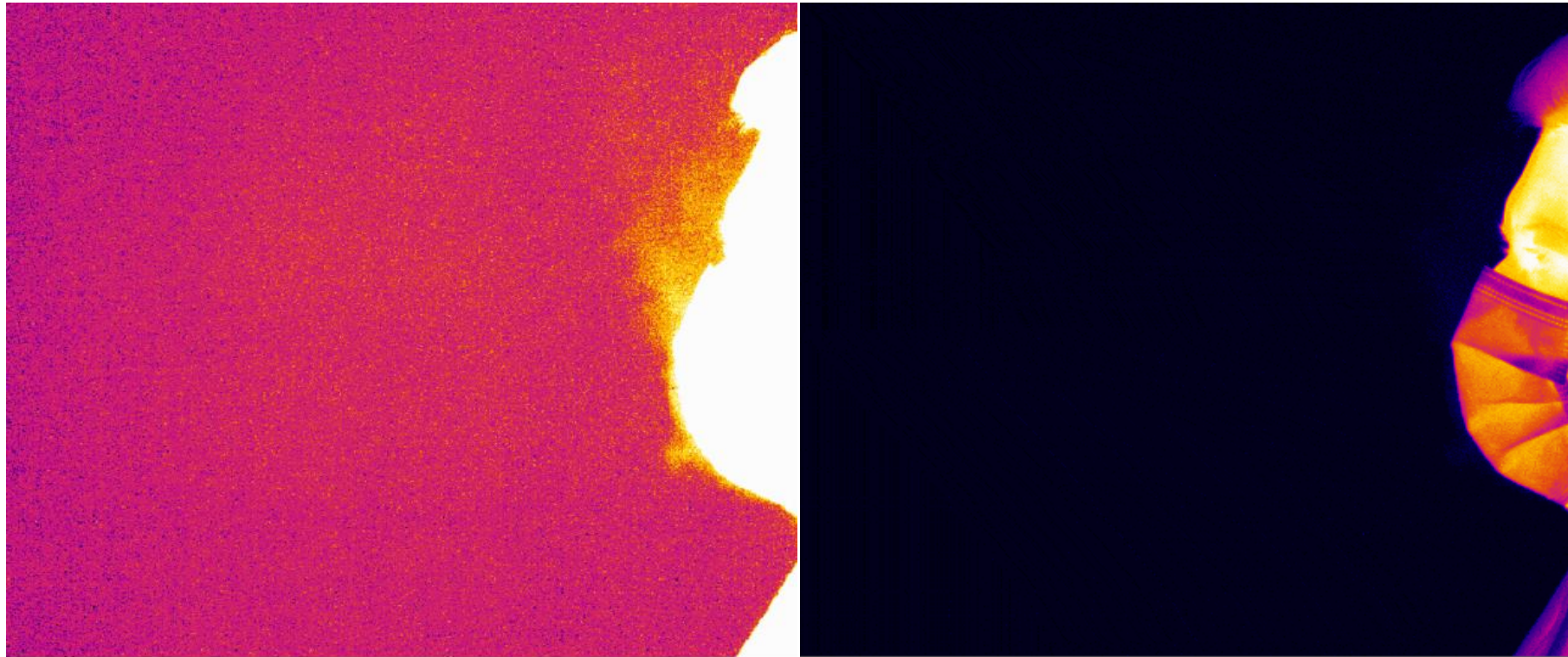
ОЦЕНКА ДАЛЬНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОТОКОВ

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.

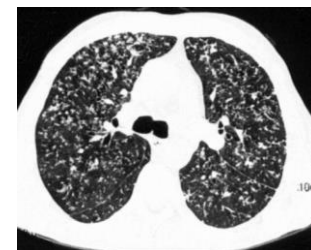
Диагностика поражений в легких – один из главных подходов при постановке диагноза коронавируса в критических или тяжелых случаях заболевания:

- 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.



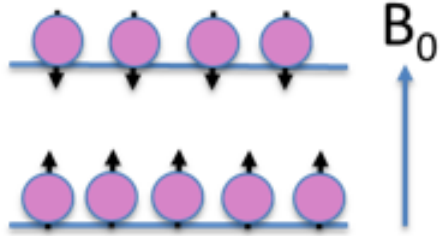
КТ визуализация заболеваний легких методом «Матового стекла»

Информация по рекомендациям ВОЗ, 2020 г.

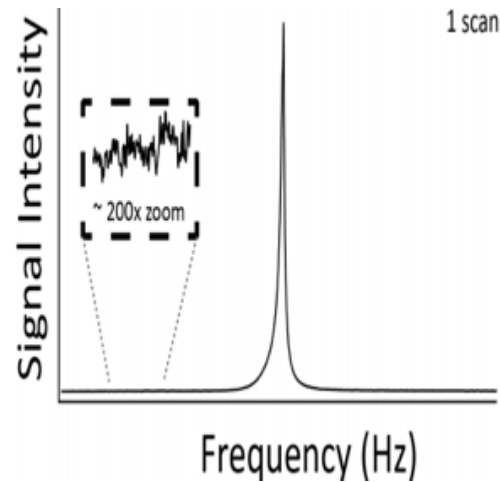
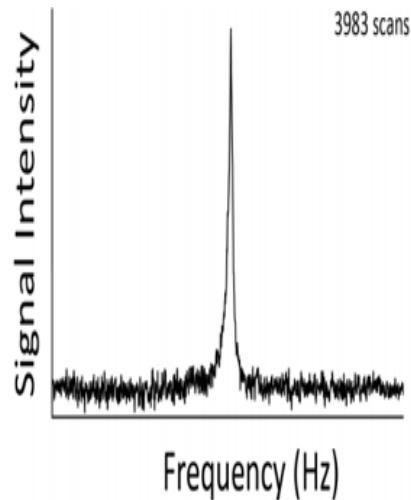
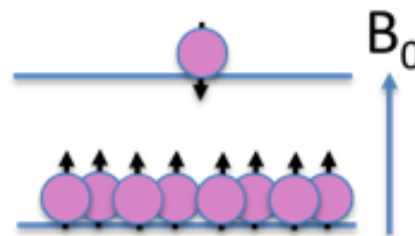


Гиперполяризация газов в МРТ

$T=273\text{ K}$



$T=273\text{ K}$ 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



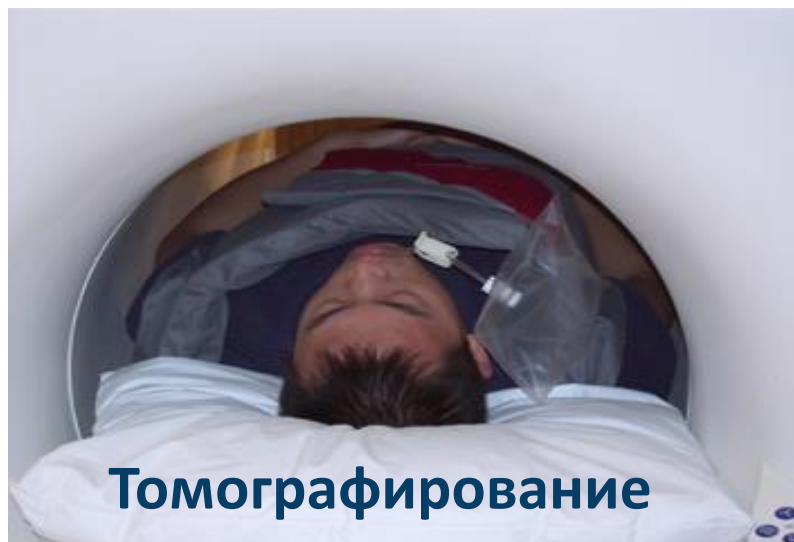
Поляризация: 30 минут

2



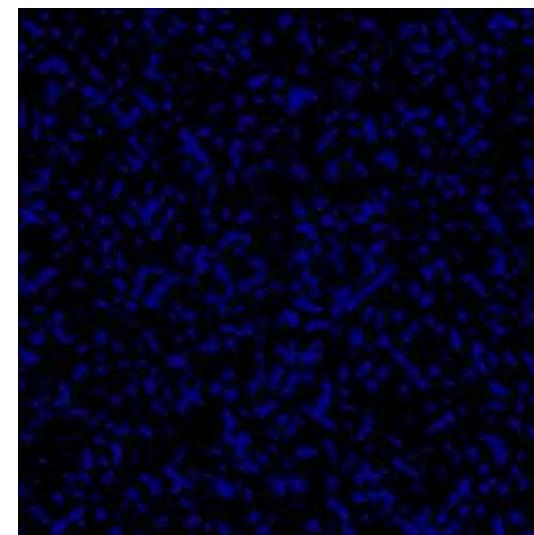
Дозирование

3



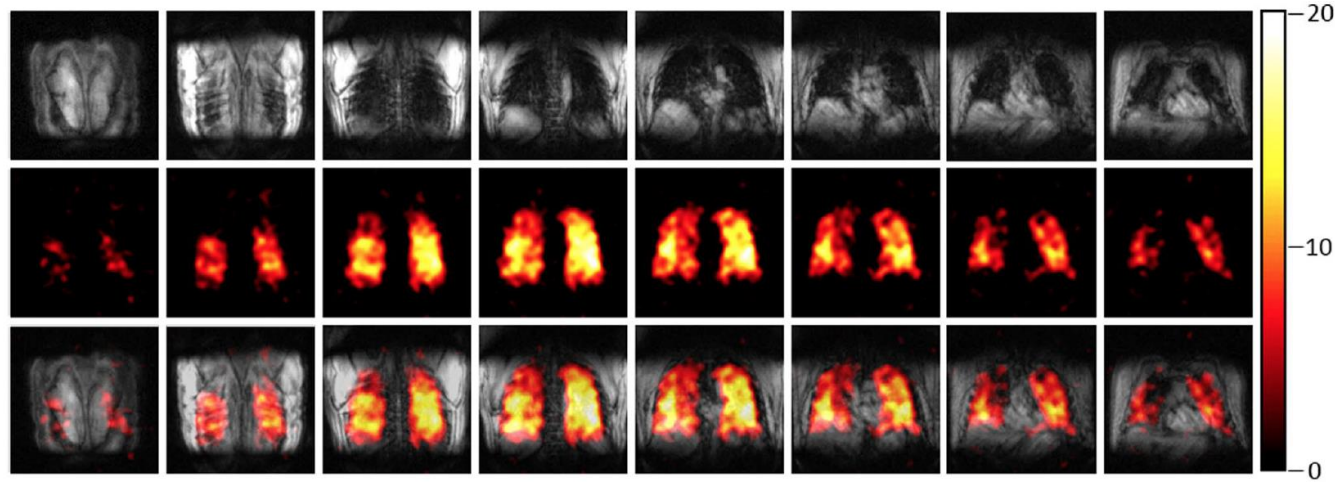
Томографирование

4



Томограмма <10 секунд

МРТ вентиляции легких



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

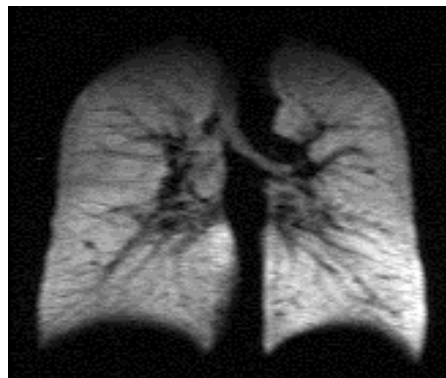


Pavlova O., Panchenko V. et al. Magn. Reson/ Med. 2020; 00:1–7.

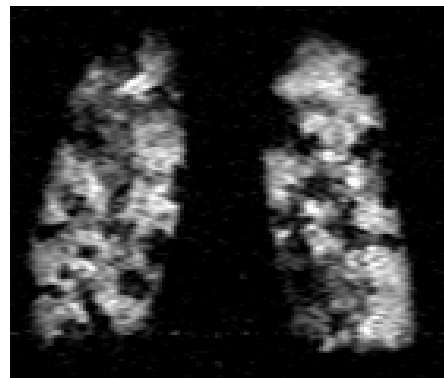


КТ визуализация заболеваний легких методом «Матового стекла»

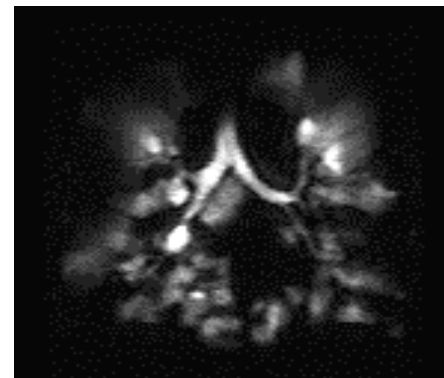
Нарушения вентиляции легких вызванные заболеваниями



Норма



Курильщик



Хроническое заболевание

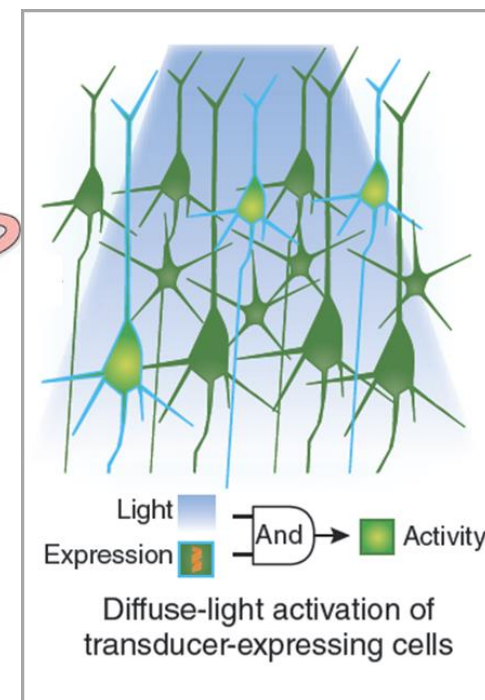
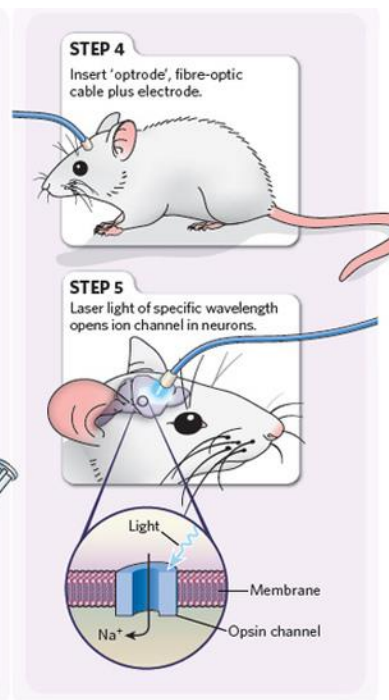
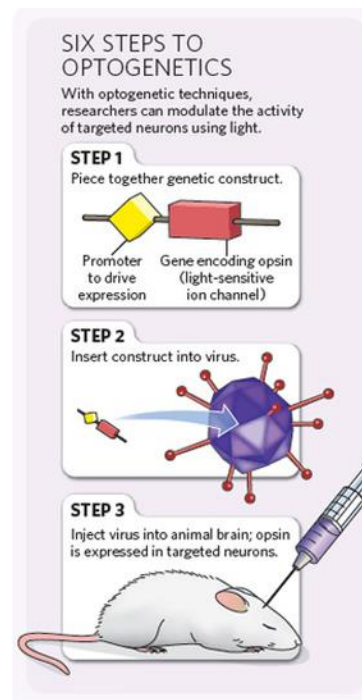
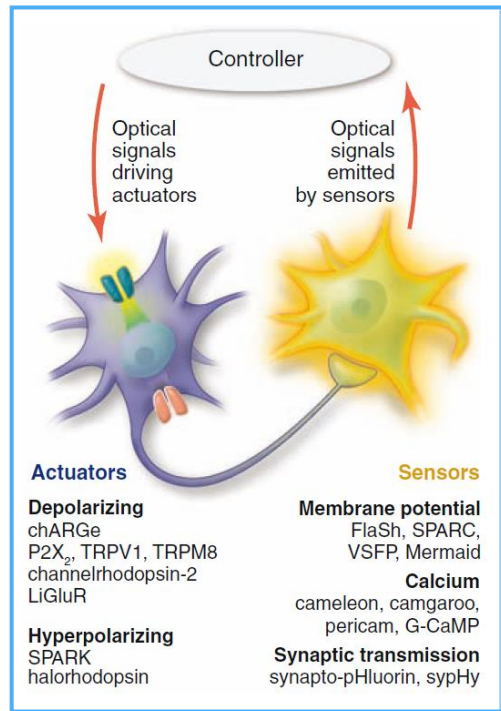
Статическое газовое распределение при малоугловой последовательности импульсов во время задержки дыхания



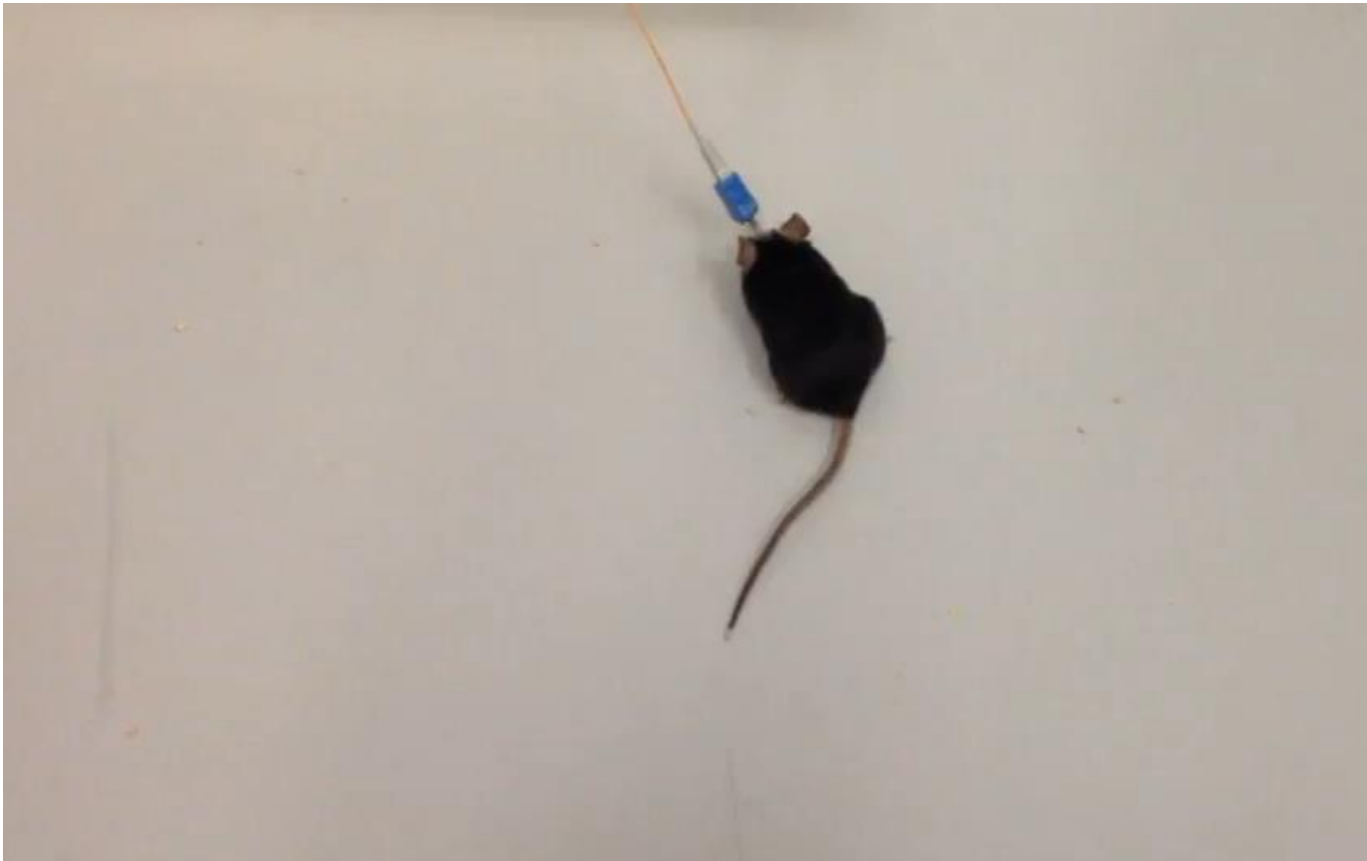
Оптогенетика:

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?

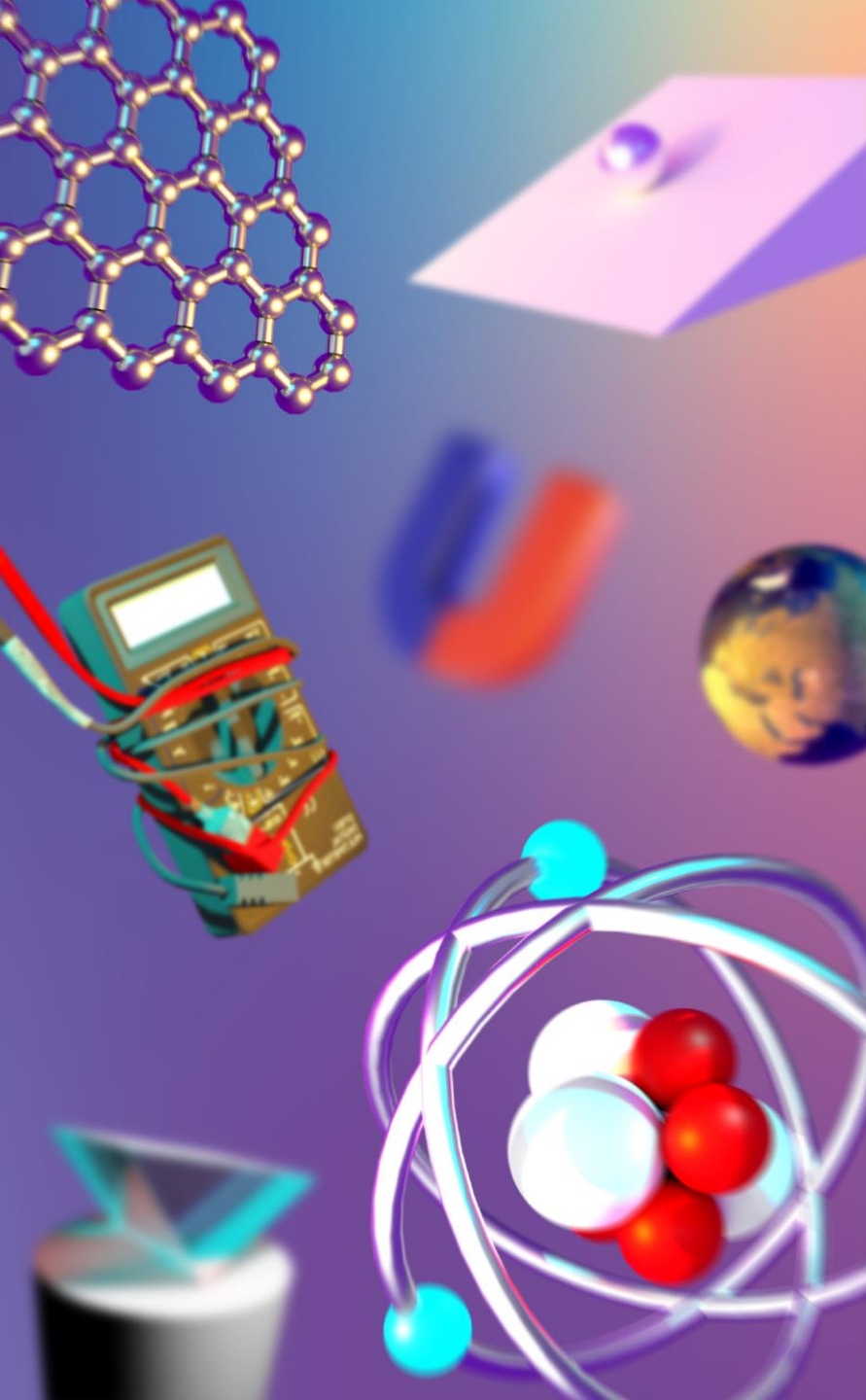
ФОРМИРОВАНИЕ ЗАЧАТКОВ МЕЖПРЕДМЕТНОГО ВОСПРИЯТИЯ

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