



**Всероссийская летняя школа учителей физики
«Предметная компетентность учителя физики в современной
школе»**

02 июля 2021 года

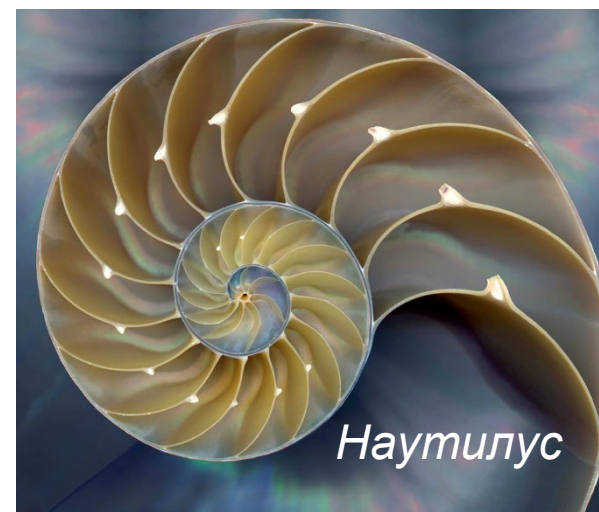
***«Медицинская физика:
междисциплинарный подход в
решении задач здравоохранения»***

**ПАНЧЕНКО
Владислав Яковлевич**

академик РАН

Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации

- особая актуальность исследований в области понимания процессов, происходящих в обществе и природе, развития **природоподобных технологий**, человеко-машинных систем, управления климатом и экосистемами. Возрастает актуальность исследований, связанных с этическими аспектами технологического развития, изменениями социальных, политических и экономических отношений.



Природоподобные технологии

«Речь должна идти о **внедрении** принципиально **новых природоподобных технологий**, которые не наносят урон окружающему миру, а **существуют с ним в гармонии** и позволят **восстановить** нарушенный человеком **баланс** между биосферой и техносферой. Это действительно **вызов планетарного масштаба**. Убежден, чтобы ответить на него, у человечества **есть интеллектуальный потенциал**».



Президент Российской Федерации
Владимир Владимирович ПУТИН
70-й сессия Генеральной Ассамблеи ООН
28 сентября 2015 г., Нью-Йорк

Конвергенция наук и природоподобные технологии

«Наука едина и все без исключения области ее ведения теснейшим образом между собой связаны. Это эмпирическое обобщение столь прочное, что оно не может быть изменено волей отдельных личностей».

На основе создания искусственных природоподобных конструкций возможно изменить соотношение между техносферой и биосферой, реализовать идеи *В.И. Вернадского* о ноосфере.

Для этого надо отказаться от узкодисциплинарного подхода в создании природоподобных технологий переходя к конвергентному подходу разработки новых технологий.

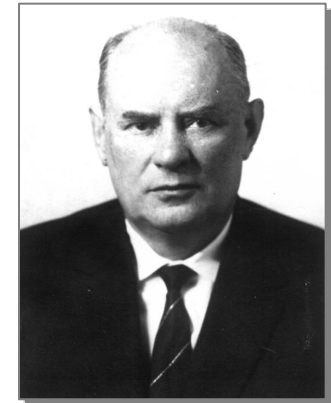
Вернадский В.И. Изучение явлений жизни и новая физика. Известия АН СССР, 1931

Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста. М., 1988

Ковальчук М.В., Нарайкин О.С., Яцишина Е.Б. «Конвергенция наук и технологий – новый этап научно-технического развития». Вопросы философии, 2013

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- В 1950-х гг. академик Л.Н. Кошкин видел перспективу развития промышленного производства в изготовлении сложного изделия **путем сложения, выращивания из материала, а не путем удаления лишнего материала при обработке.** Эта идея лежит в основе аддитивных технологий.
- В начале 1990-х гг. по инициативе академика Е.П. Велихова в России (Курчатовский институт, ИПЛИТ РАН) начались работы по созданию систем цифрового аддитивного производства на основе лазерной стереолитографии (лазерная 3D печать).
- Сегодня в России созданы системы, позволяющие производить 3D изделия **по любому типу входных данных (CAD модель, видеограмметрические данные из космоса, томографические данные).**



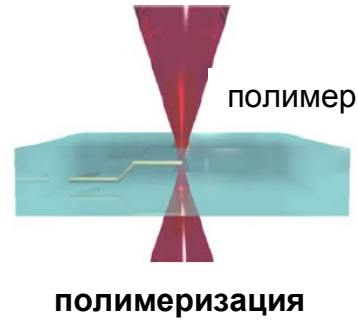
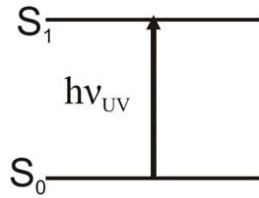
Лев Николаевич Кошкин
(1912-1992) — выдающийся советский ученый, изобретатель и создатель первых роторно-конвейерных линий для производства патронов и снарядов.



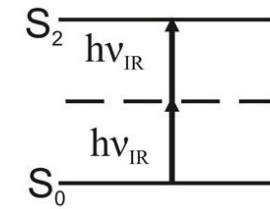
Евгений Павлович Велихов академик, Президент НИЦ «Курчатовский институт»

Лазерная стереолитография

Однофотонная



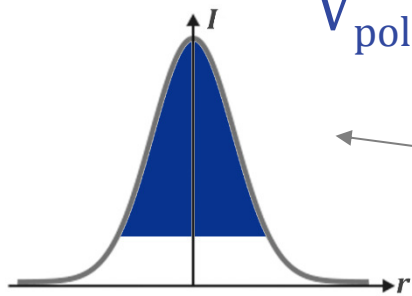
Двухфотонная



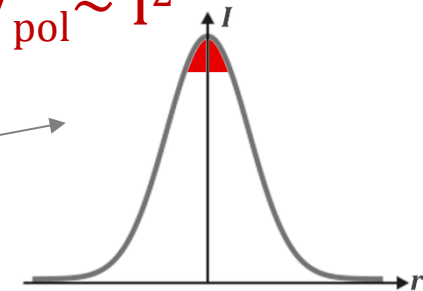
$$V_{pol} \sim I$$

Скорость полимеризации V_{pol}

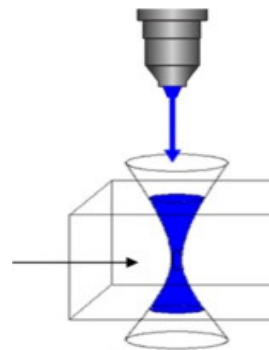
$$V_{pol} \sim I^2$$



Область полимеризации

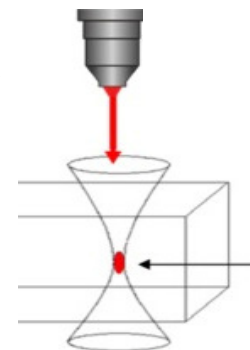


Послойная полимеризация
Пространственное разрешение до **100 мкм** в объеме
линейной абсорбции

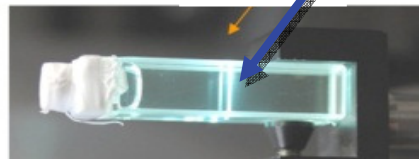


объектив микроскопа

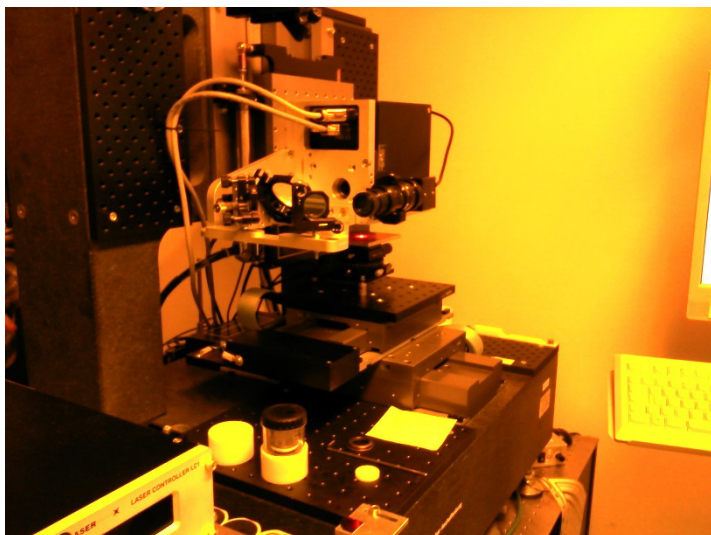
образец



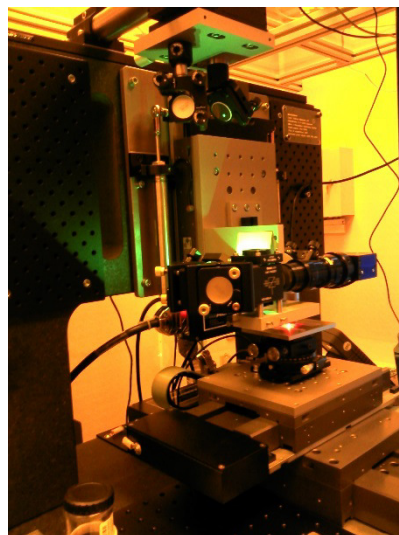
Полимеризация в объеме
Пространственное разрешение до **80 нм** в объеме
двухфотонной абсорбции



Фемтосекундная наностереолитография на основе многофотонной полимеризации

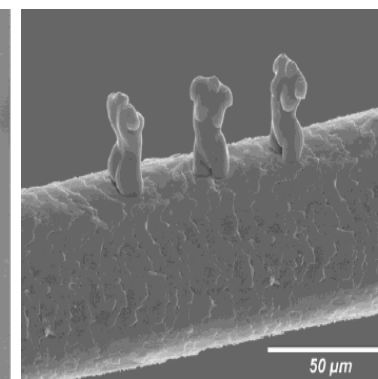
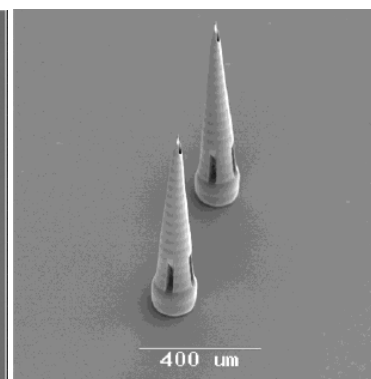
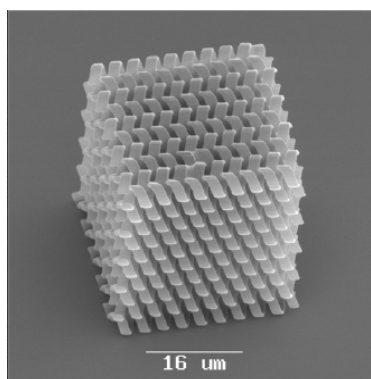
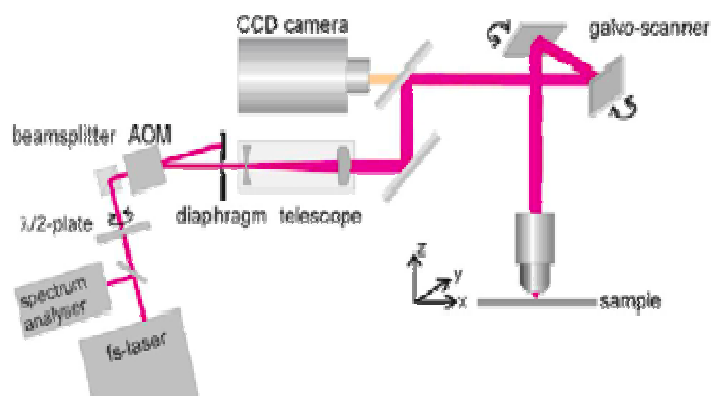


ИФТ ФНИЦ КФ РАН (г. Троицк)



ПРИМЕНЕНИЕ

1. Опто-электроника и микро-электроника
2. Микро-электро-опто-механические системы
3. Биомедицина



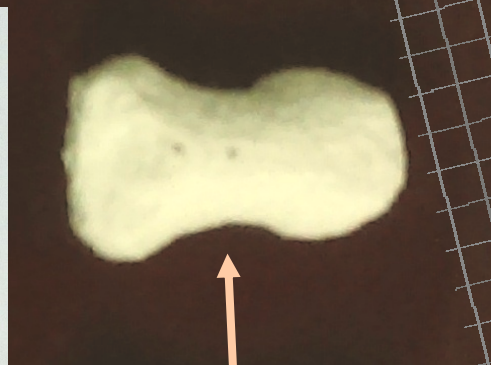
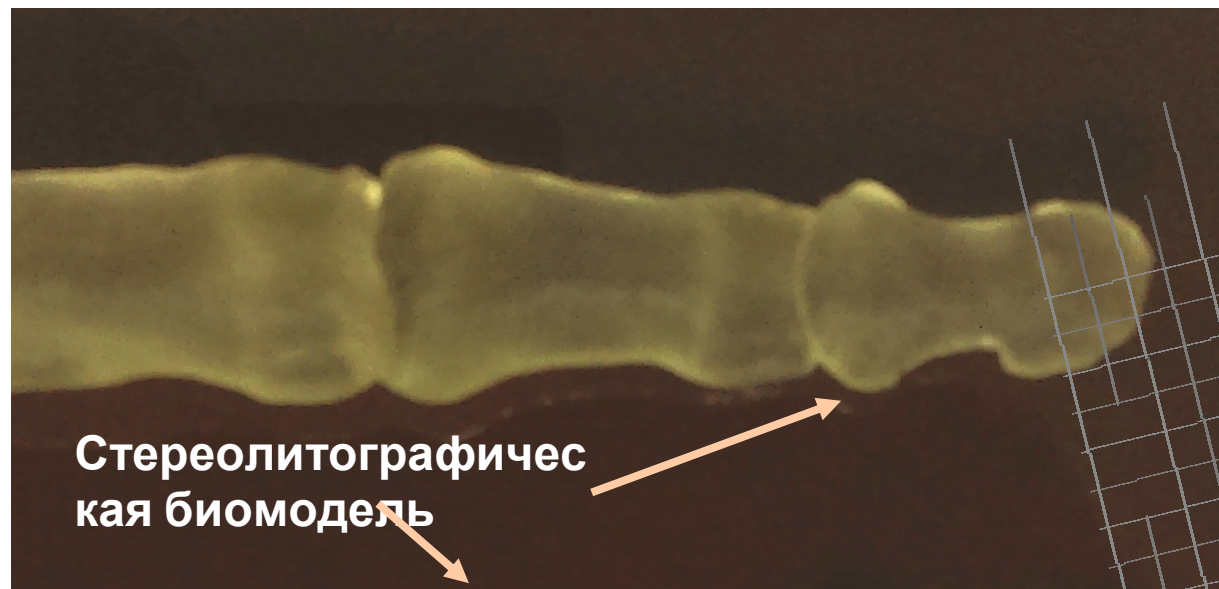
Предельное разрешение ~ 80 нм

СТЕРЕОЛИТОГРАФИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СКЕЛЕТА ПТИЦЫ



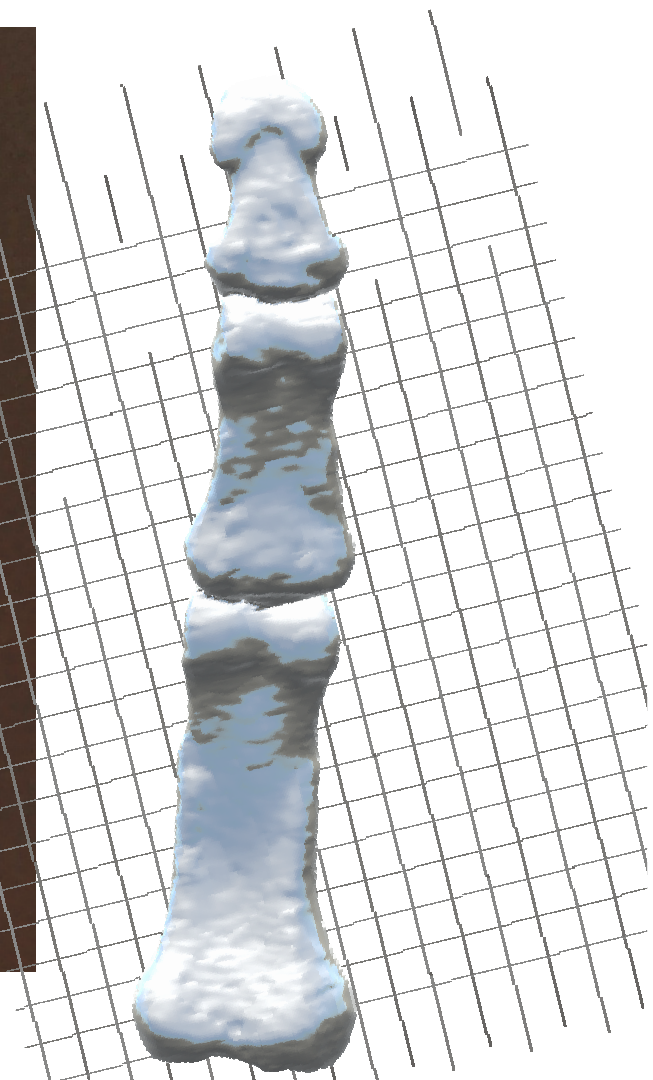
Модель произведена в ИПЛИТ РАН по томографическим данным, полученным по интернет из госпиталя г. Гуанчжоу (Китай) в 2007 г.

Имплант ногтевой фаланги мизинца

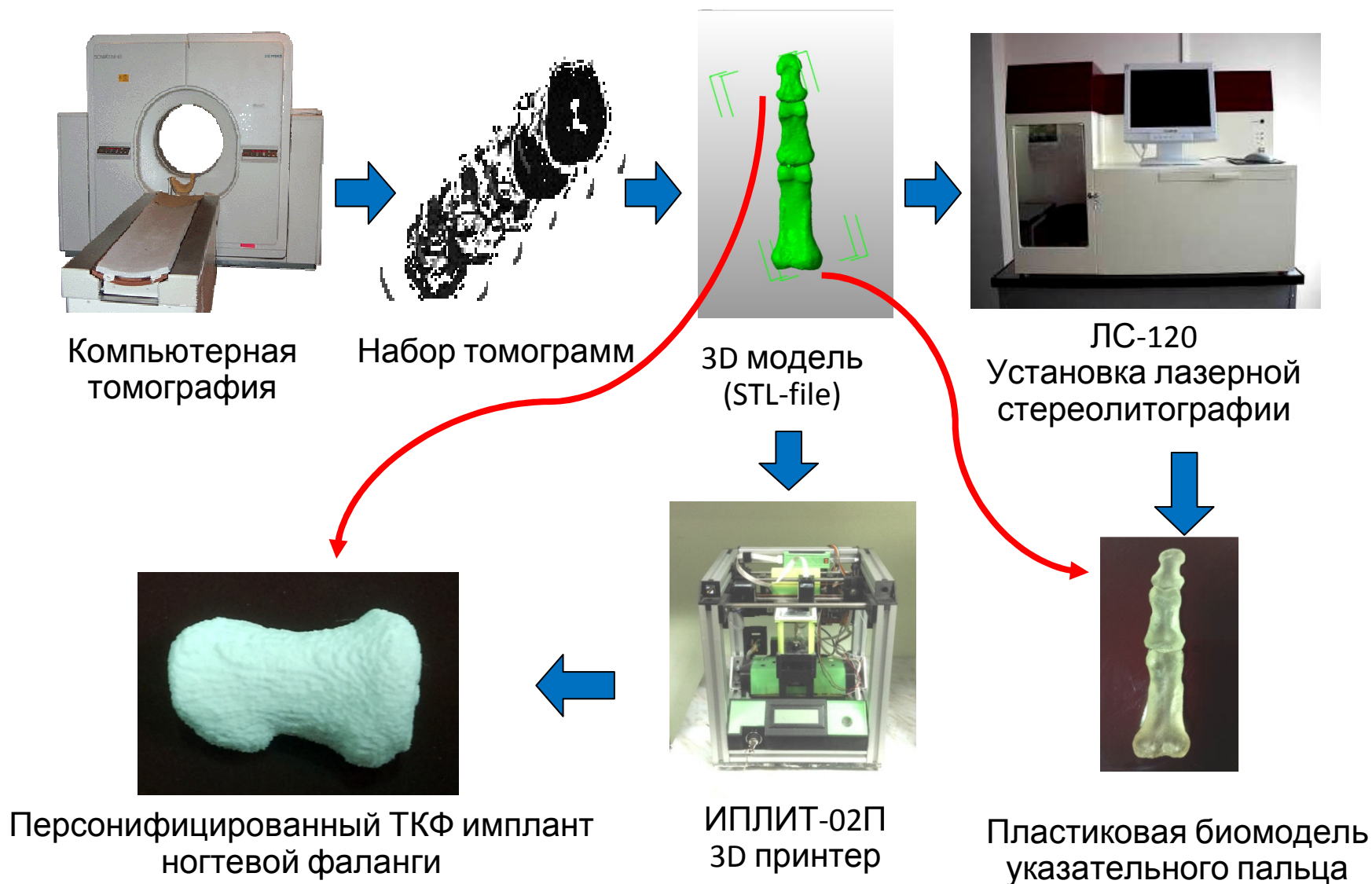


Имплант

Компьютерная модель по томографическим данным



3D печать ТКФ имплантов



*Первый МГМУ имени И.М. Сеченова, ИМЕТ РАН,
2015*

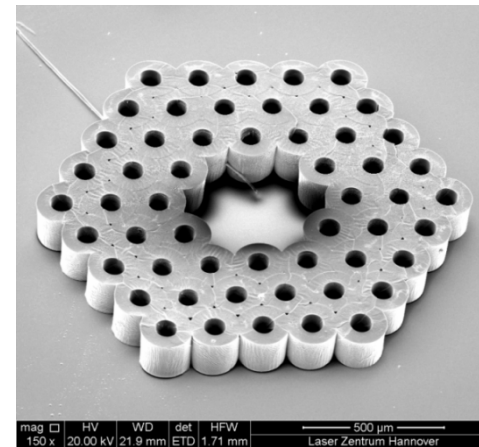
Комплекс по фемтосекундной лазерной микро-стереолитографии

Установка фемтосекундной лазерной микро-стереолитографии в ИПЛИТ РАН

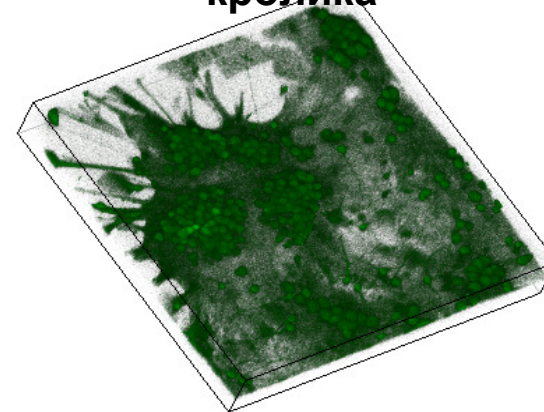


- Созданы 3х-мерные структуры (скаффолды) на основе новых биodeградируемых полимеров.
- На таких структурах происходит рост 3х-мерной нейрональной сети диссоциированной культуры гиппокампа.

3х-мерный биodeградируемый скаффолд для нейротрансплантации



In vivo формирование нейронных сетей на матриксах имплантированных в мозг кролика

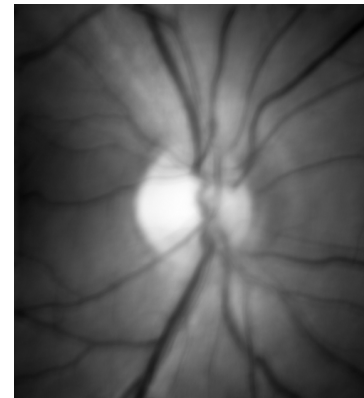


Флуоресцентный имиджинг (Z-скан) диссоциированной культуры

Цифровая фундус-камера с адаптивной оптической системой и абберрометром реального времени



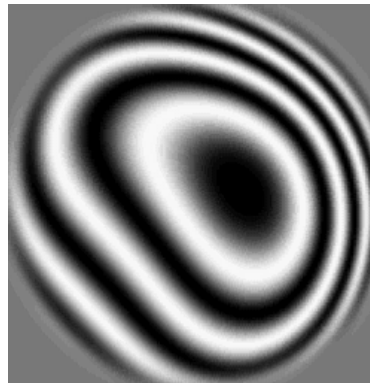
Уникальный офтальмологический диагностический прибор. Позволяет получить изображения глазного дна с высоким разрешением (до 1 мкм) и одновременно производить оптометрические измерения с точностью 0,02 мкм. Более 1 000 пациентов.



И с к а ж е н н о е
и з о б р а ж е н и е
с е т ч а т к и

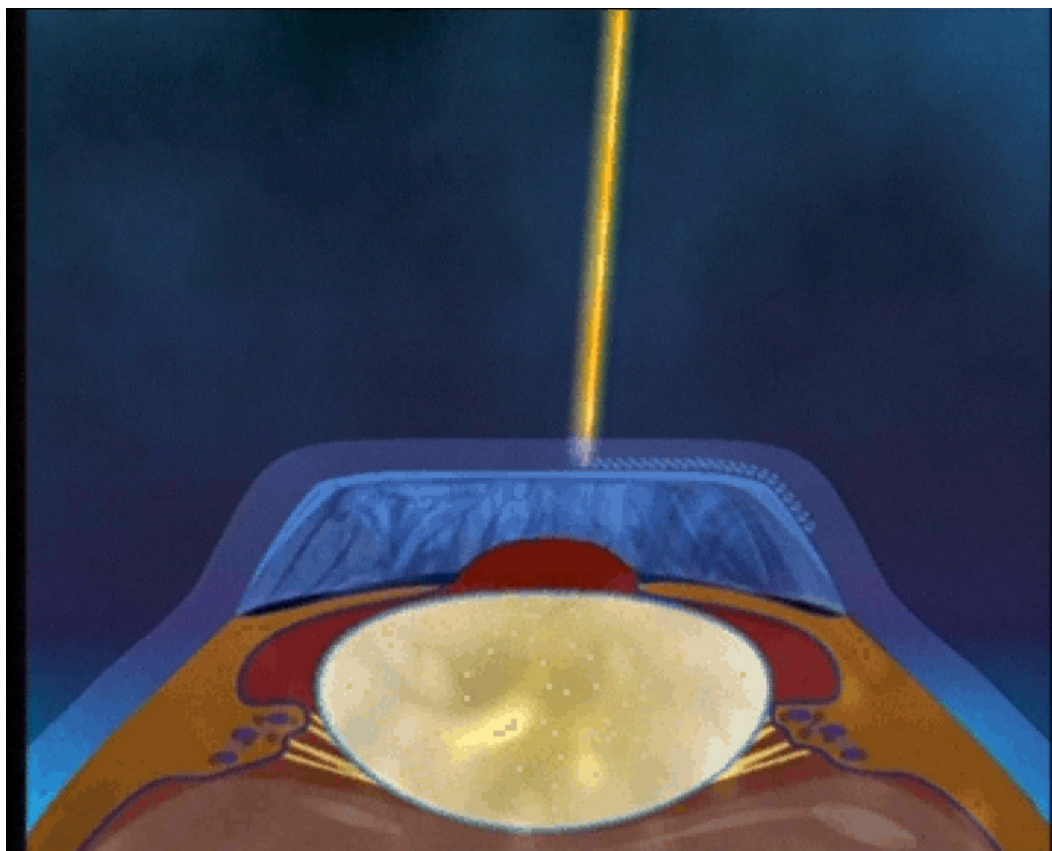


И з о б р а ж е н и е
с е т ч а т к и
с
а д а п т и в н о й
к о м п е н с а ц и
е й
П р и м е н е н и я :
т о ч н ы й п о д б о р
к о н т а к т н ы х л и н з ;
и з у ч е н и е п а т о л о г и й
р е ф р а к ц и и ;
п л а н и р о в а н и е о п е р а ц и й
л а з е р н о й к о р р е к ц и и



Совместный проект Физического факультета МГУ, ИПЛИТ РАН, МНТК "Микрохирургия глаза", Институт глазных болезней РАМН

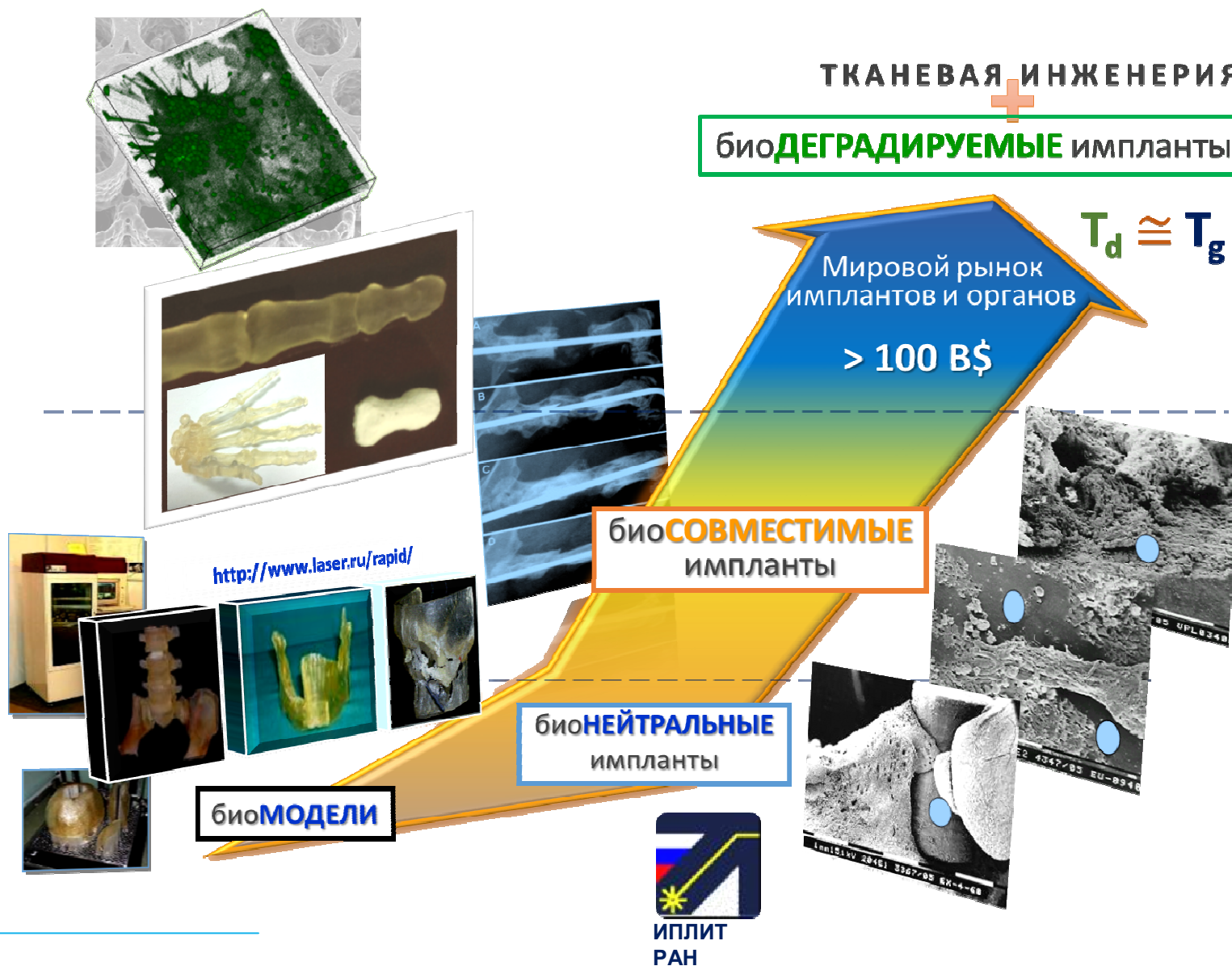
Развитие персонализированной коррекции с использованием фемтосекундного лазера FLOKS для интрастромальной обработки роговицы



Совместный проект ЦФП ИОФ РАН, Физического факультета МГУ, ИПЛИТ РАН, МНТК "Микрохирургия глаза", Института глазных болезней РАМН

Фильм любезно предоставлен Вартапетовым С.К.

Аддитивные технологии в реконструктивной медицине



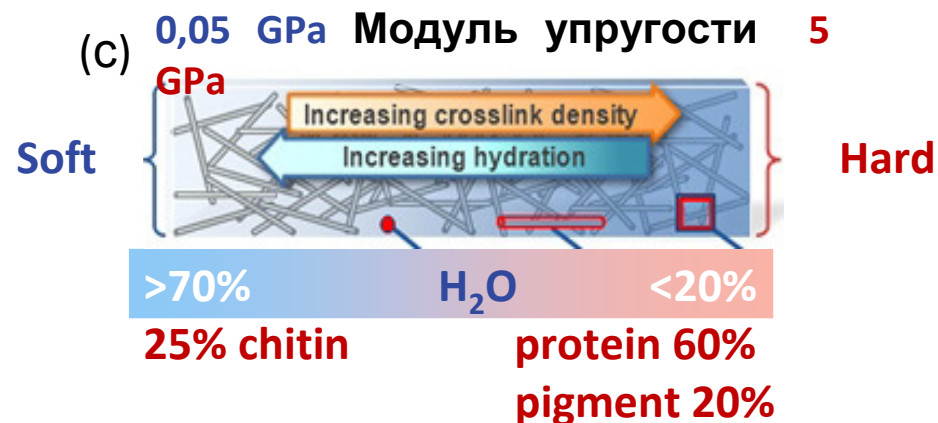
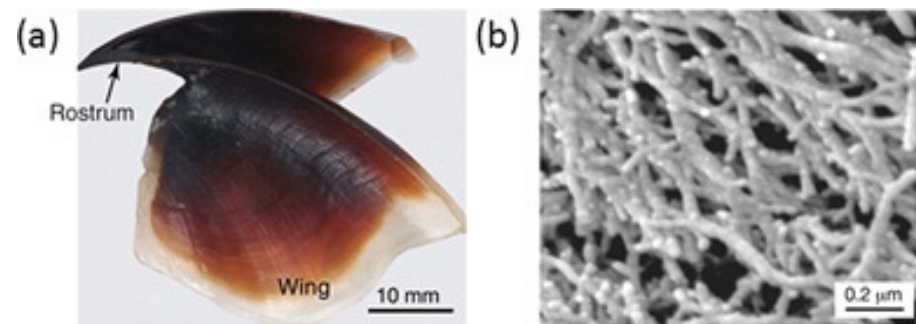
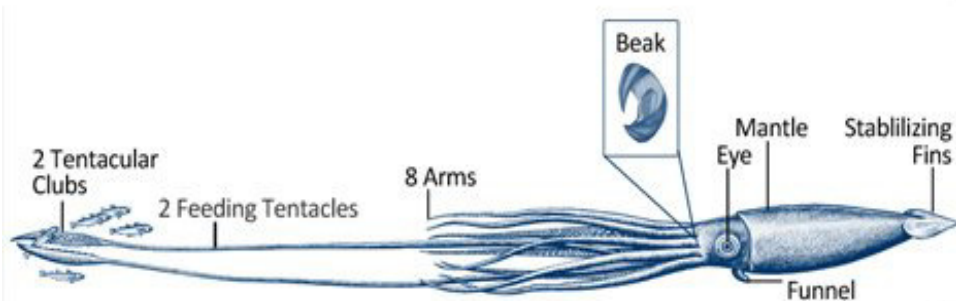
Природный градиентный нанокompозит

Гигантский Кальмар

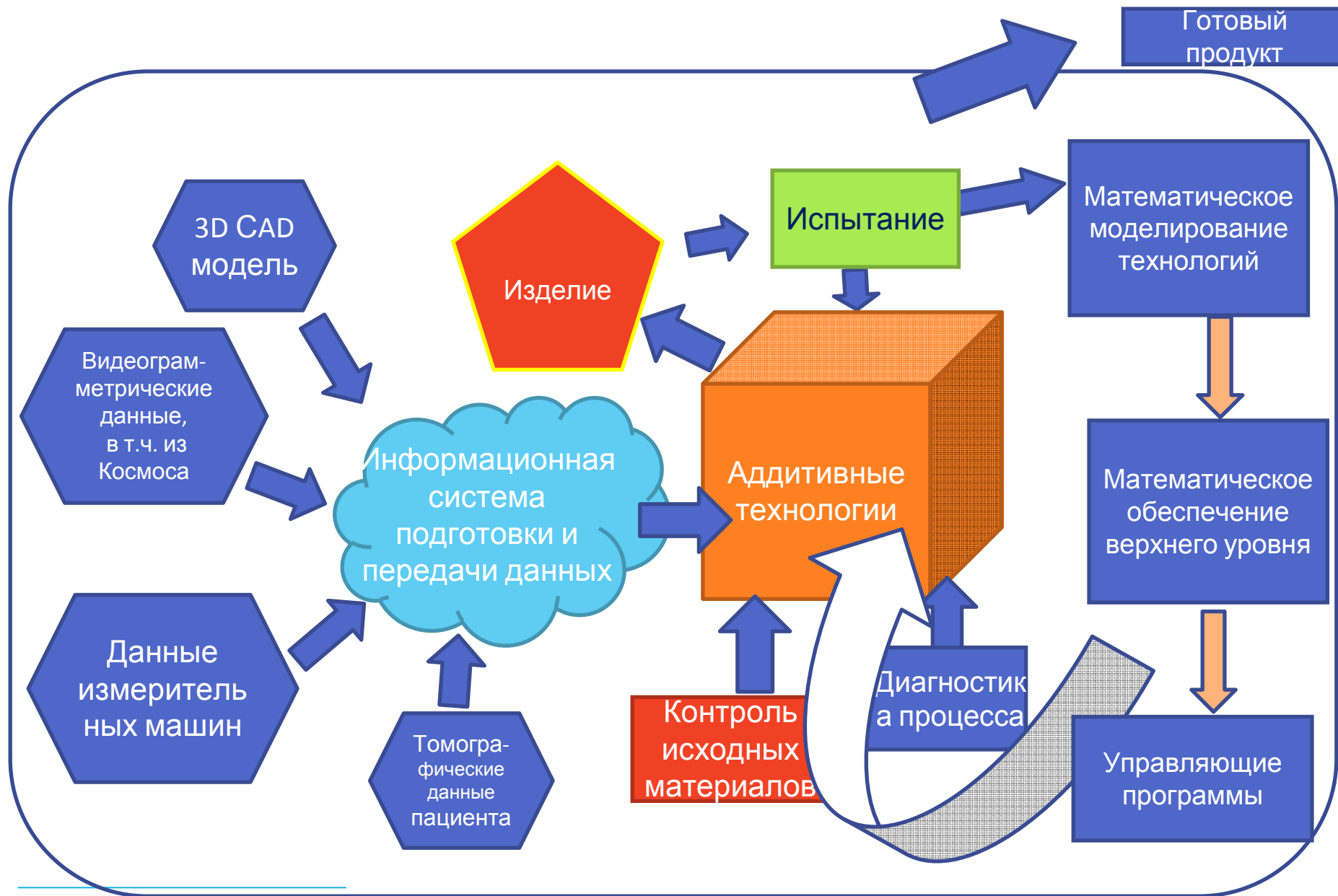
а – клюв кальмара

б – хитиновая волокнистая сетка

с – зависимость жесткости клюва от распределения воды, хитина, белков и плотности сшивок белков

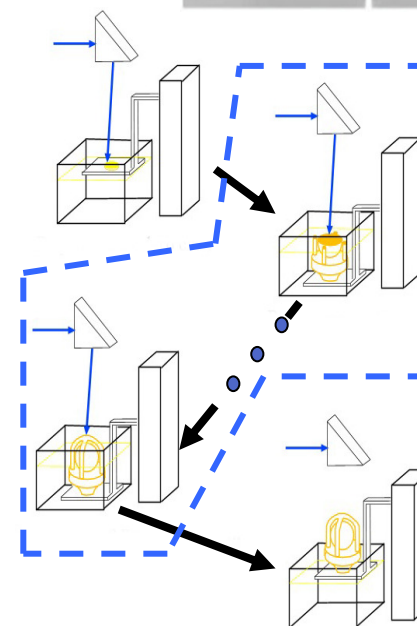
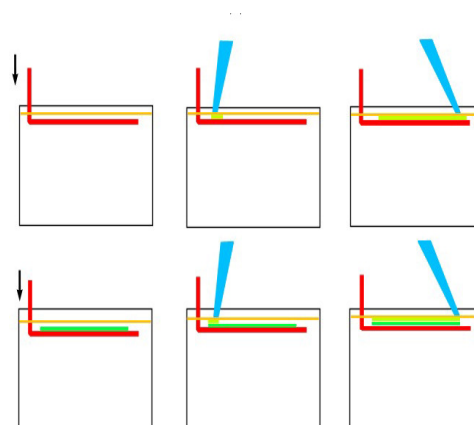
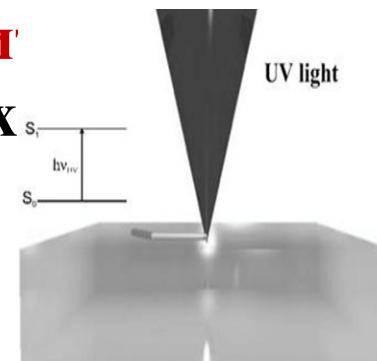


ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА СОВРЕМЕННОГО ЦИФРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА



Однофотонная лазерная стереоли

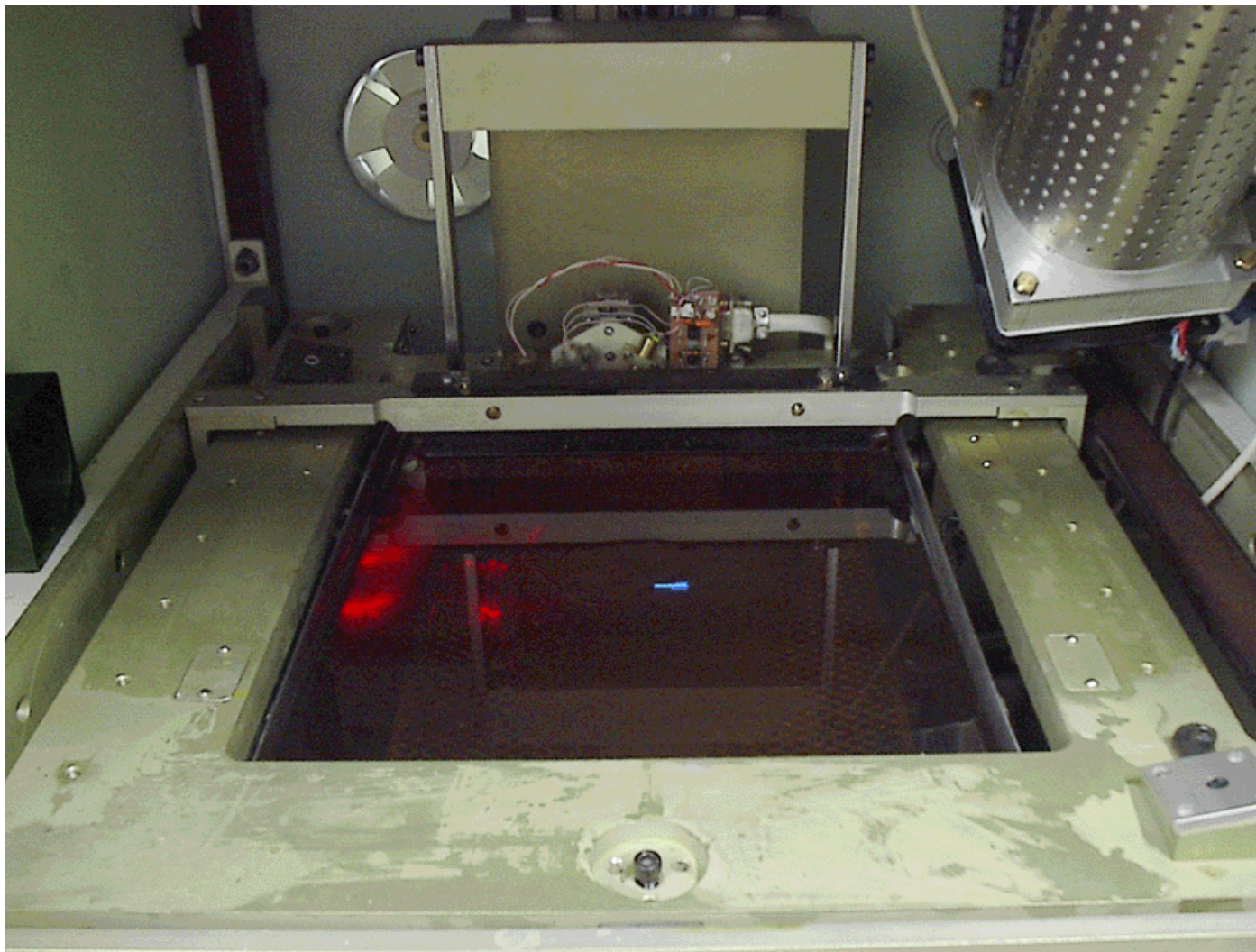
Послойное создание пластиковых



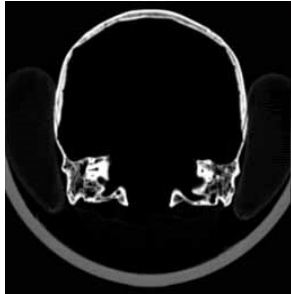
Модель на рабочей платформе

1 - Изготовление первого слоя
2 - Изготовление второго и последующих слоев

Процесс изготовления стереолитографической биомодели



Криминалистические исследования



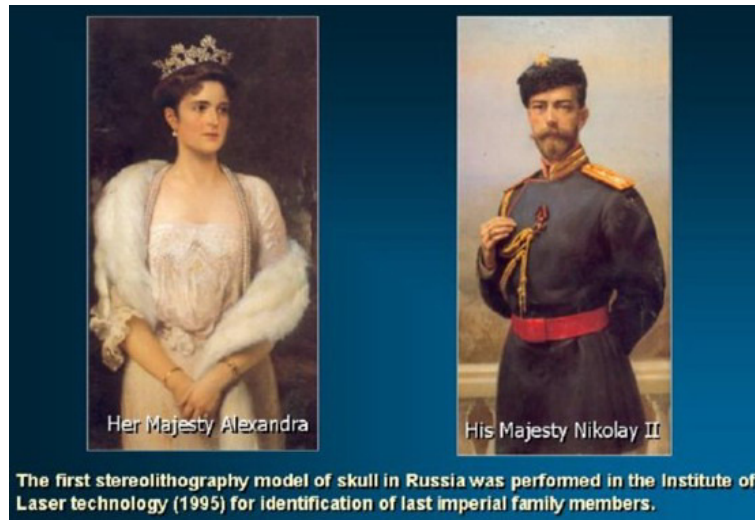
Исходная томограмма
модель



Компьютерная модель



Пластиковая



Работа выполнена в 1995 году в рамках совместной работы с Центром судебно-медицинской экспертизы Минздрава РФ. Программное обеспечение для обработки томограмм и получения STL-представления модели черепа работало на персональном компьютере с процессором Intel 486 в DOS'e под 640Кб оперативной памяти. Процесс получения STL-представления занимал несколько часов.

Антропологические исследования



Стереолитографическая модель черепа мумии.

“Egyptian mummy from the Roman cemetery of Hawara in El-Faiyum, Egypt, 1st c. A.D. “
(American J. of Physical Antropology, 97, 1995)



Стереолитографическая модель мумии в натуральную величину.
(Materialise N.V., Belgium, 2010)

Стереолитография применение в антропологических исследованиях



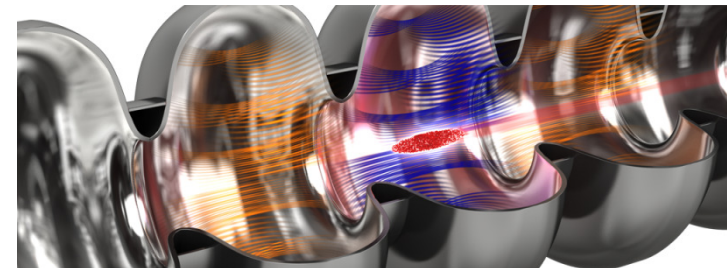
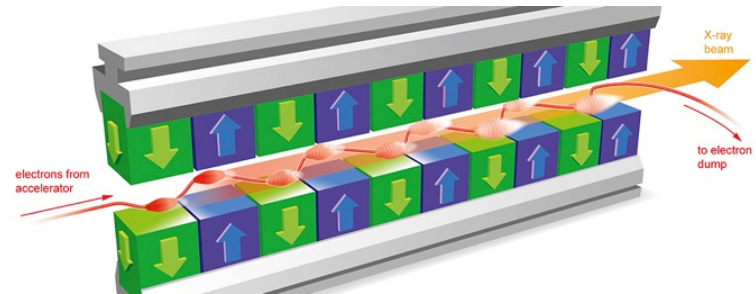
КТ мумии в НИЦ «Курчатовский Институт»



X-Ray Free Electron Laser

Европейский рентгеновский лазер на свободных электронах

Международный проект по созданию самого крупного в мире лазера на свободных электронах разработан исследовательским центром DESY. На



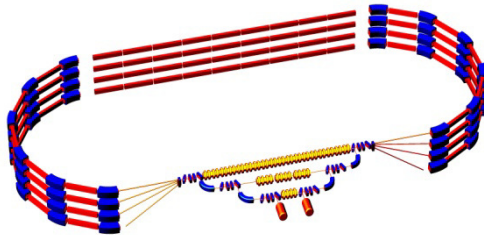
1 сентября 2017 года Европейский рентгеновский лазер на свободных электронах был официально запущен

На территории Российской Федерации

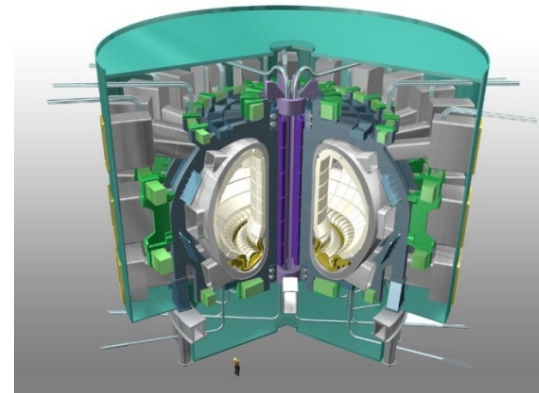
Международный центр нейтронных исследований (МЦНИ) на базе реактора ПИК



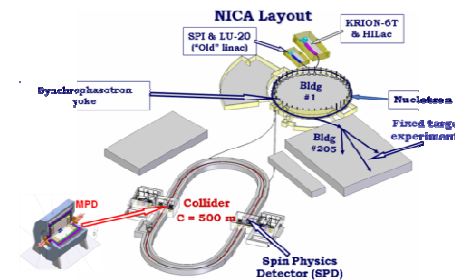
Источник специализированный синхротронного излучения 4-го поколения ИССИ-4



Российско-итальянский токамак ИГНИТОР



Ионный коллайдер на базе нуклотрона НИКА

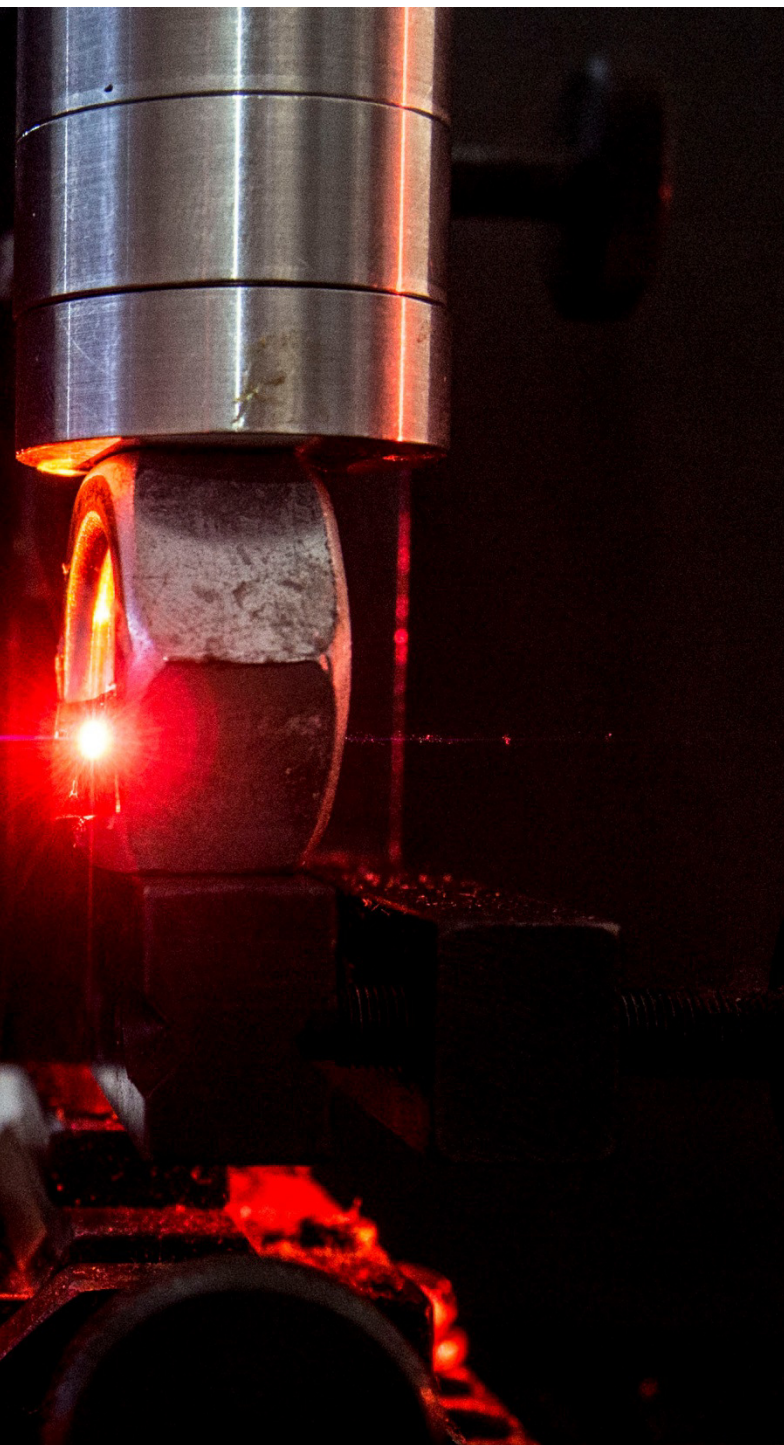




Лазерно-синхротронный комплекс НИЦ «Курчатовский Институт»

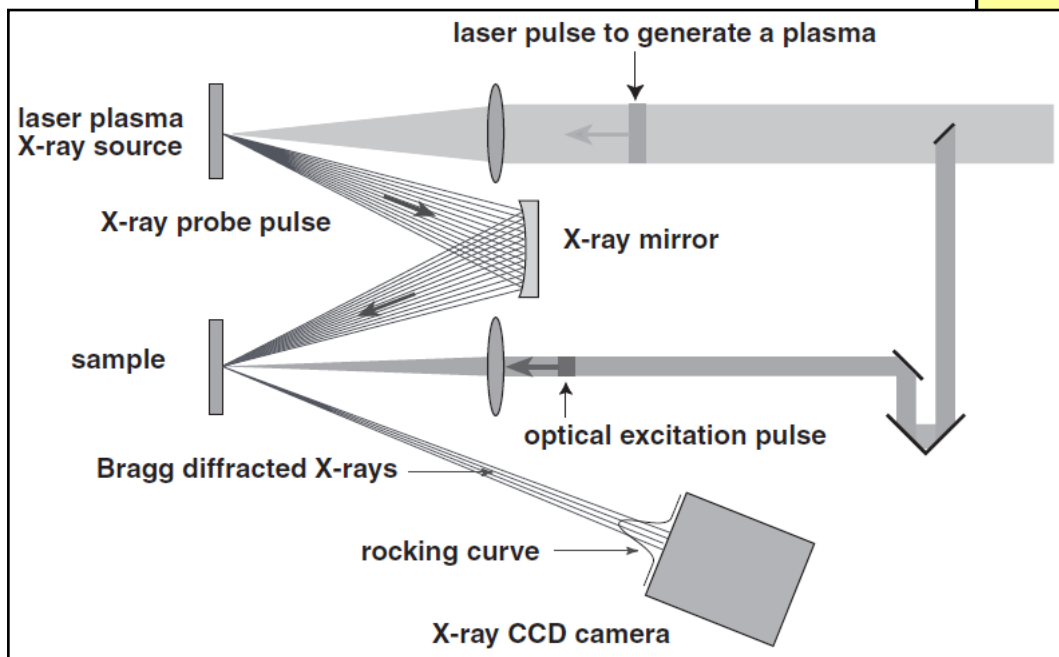


ОКТАБРЬ 2017
Старт экспериментов
на Лазерном
субпетаваттном
фемтосекундном
комплексе НИЦ
«Курчатовский
ИНСТИТУТ»



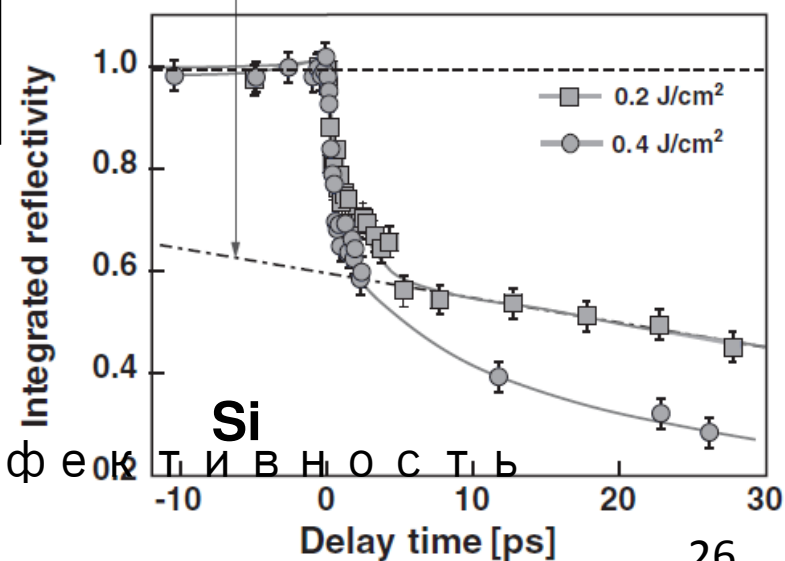
Сверхбыстрые фазовые переходы в веществе: X-ray дифракция с временным разрешением

Схема накачка
(лазерный импульс) –



Изучение динамики структурной модификации материала, индуцированной лазерным импульсом, путем дифракции ультракороткого X-ray

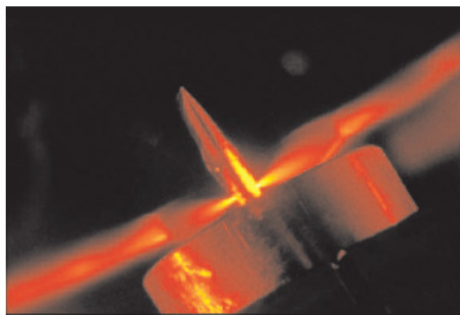
Melt-front velocity 850 m/s



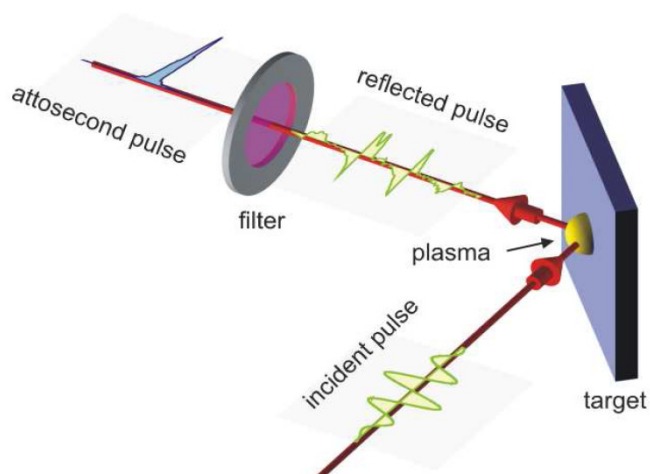
Сверхбыстрые фазовые переходы в веществе
(наблюдаемая величина: эффективность дифракции X-ray импульса)

Генерация аттосекундных импульсов

в газовых струях:

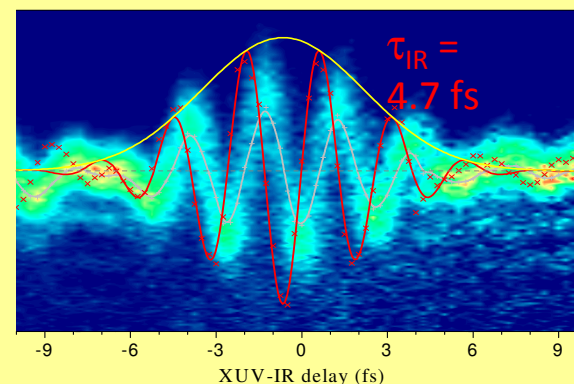
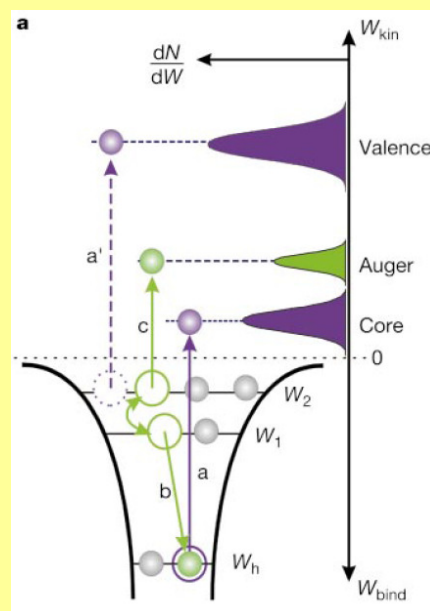


в **релятивистском** режиме — генерация от поверхности

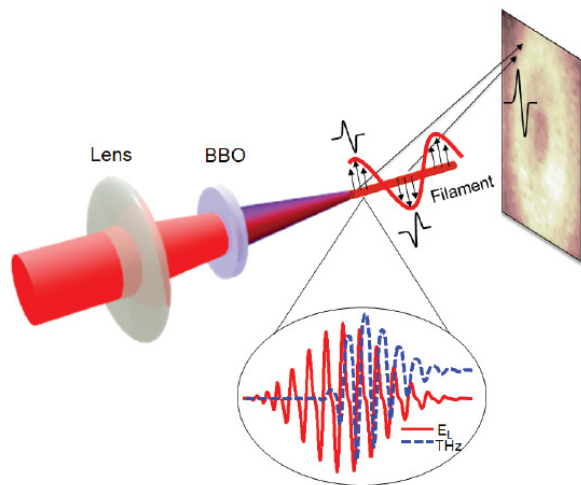


Применение:

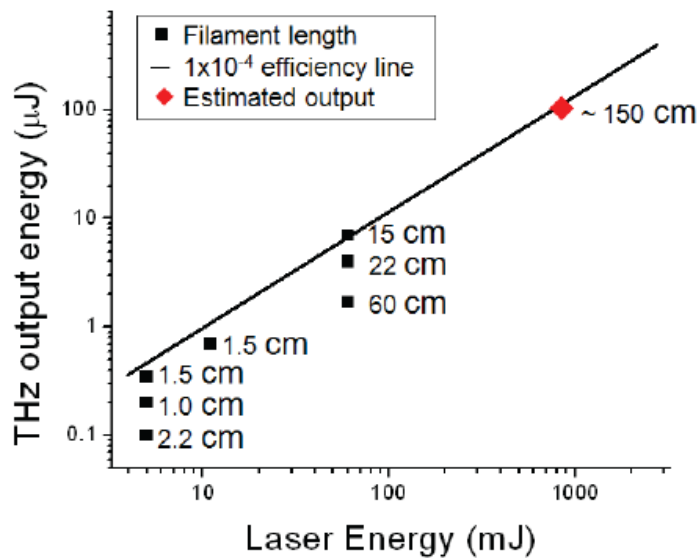
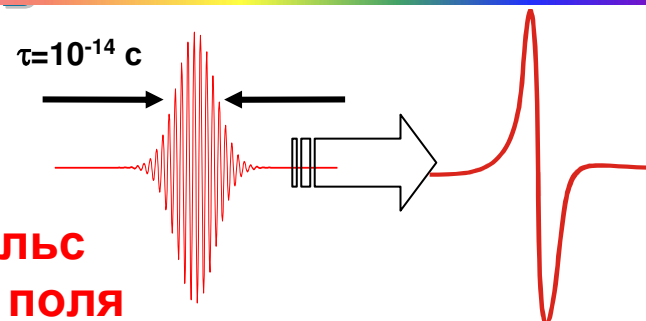
Спектроскопия атомов и молекул с **аттосекундным** временным разрешением



Генерация интенсивных ТГц импульсов



**излученный импульс
электромагнитного поля
1 период! $F=0.3-30$ ТГц**
с управляемой поляризацией

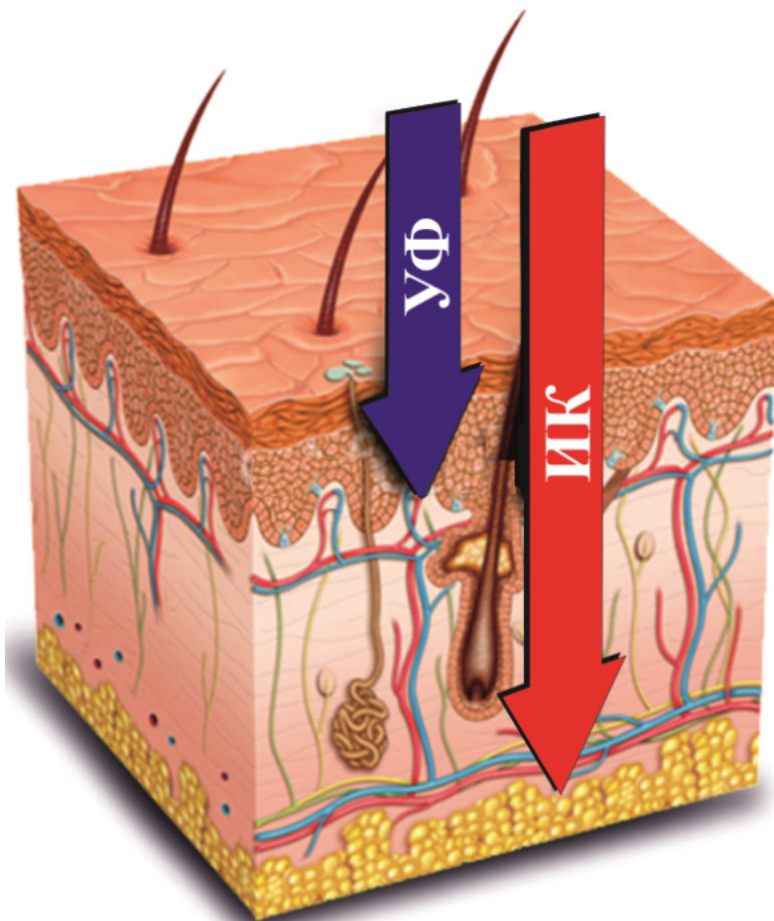


**Высокие поля до 100 МВ/см в
части спектра 0,1-10 ТГц
необходимы для
следующих приложений:**

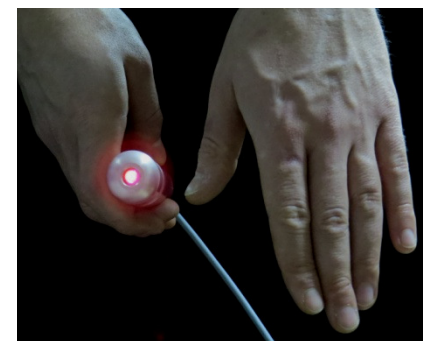
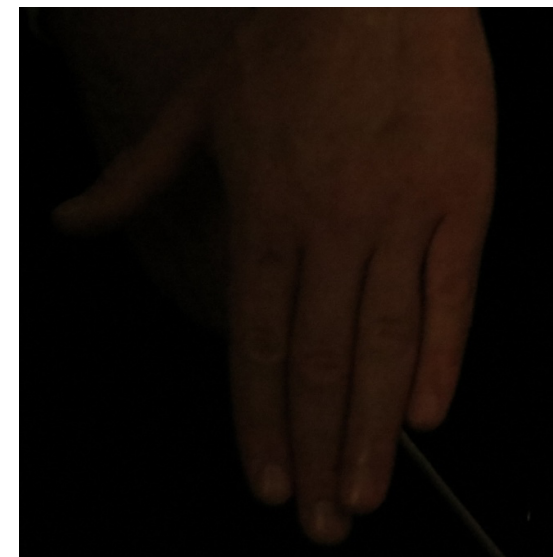
- Усиление генерации аттосекундных импульсов за счёт ТГц,
- Манипуляции электронными пучками
- Переключение и контроль магнитных доменов
- Инициирование поверхностных каталитических реакций
- Характеризация импульсов лазера на свободных электронах

Инфракрасная фотодинамическая терапия

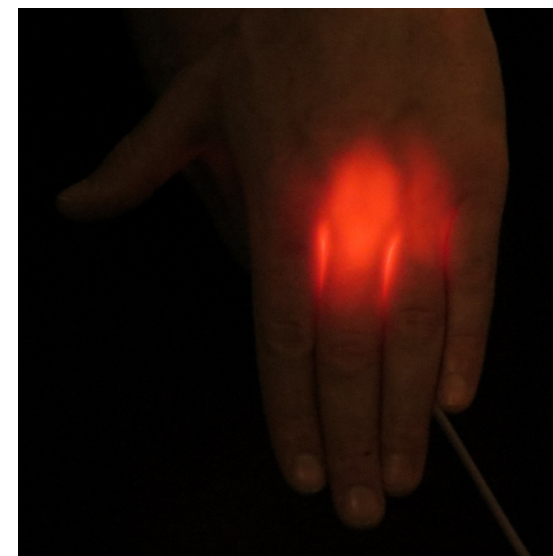
Глубина проникновения света в биоткань в ИК диапазоне в десятки раз больше, чем глубина проникновения УФ квантов.



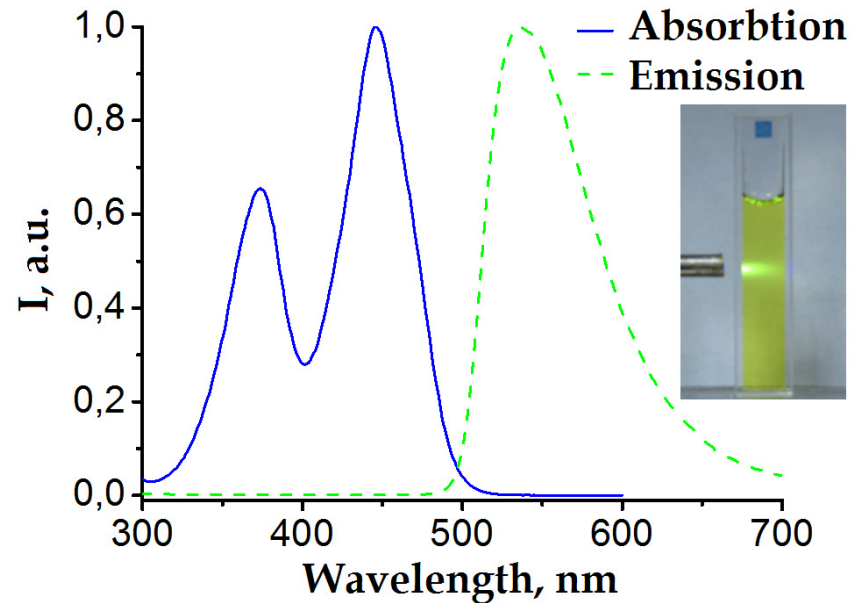
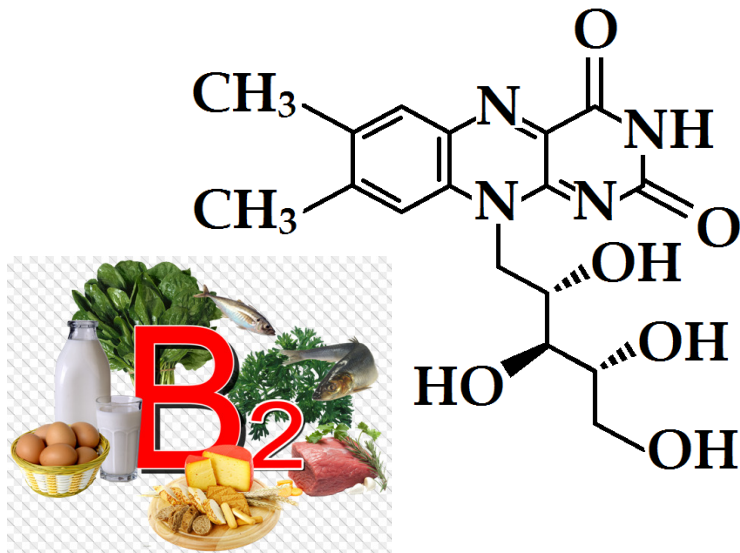
Синий свет



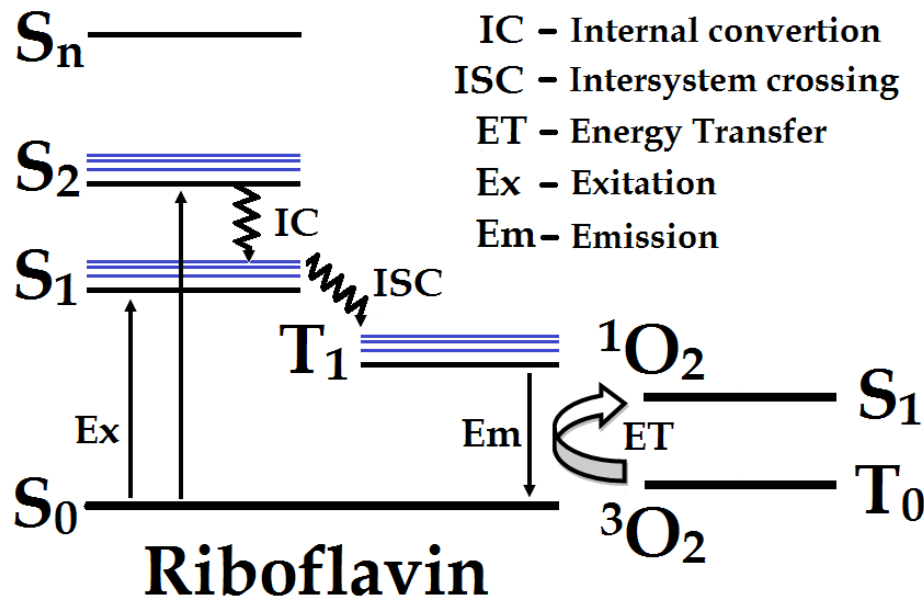
ИК свет



Рибофлавин (Витамин В2) – эндогенный фотосенсибилизатор



Спектр возбуждения и люминесценции

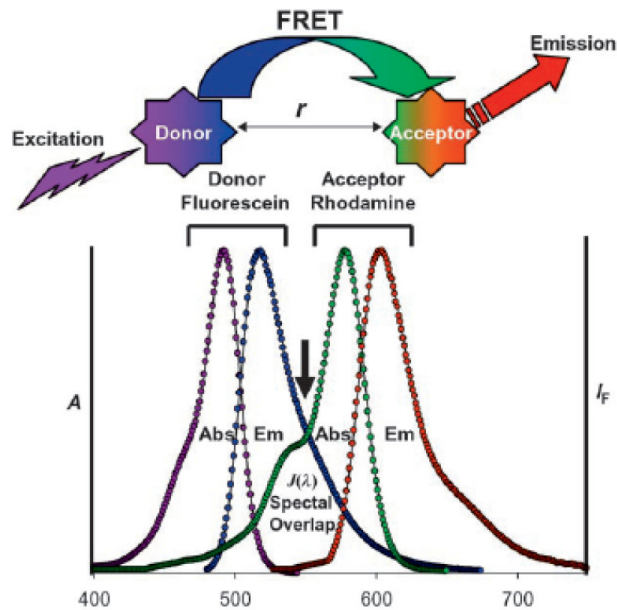


Механизм генерации синглетного кислорода

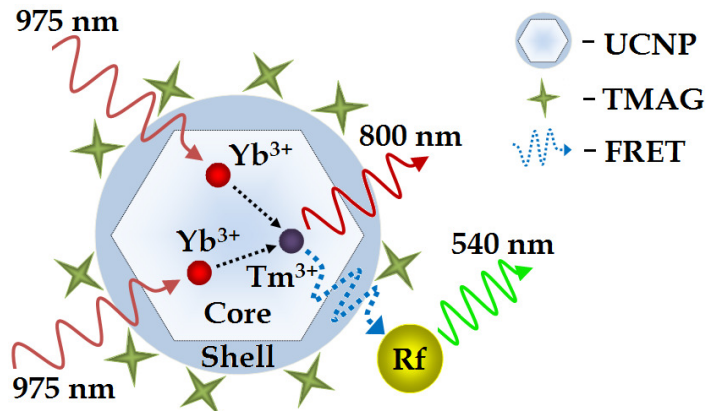
Рибофлавин и ФМН способны генерировать больше синглетного кислорода (квантовый выход 0.54 ± 0.07 и 0.51 ± 0.07 , соответственно), чем применяемые в клинической практике экзогенные фотосенсибилизаторы, например, Фотофрин.

Тераностические наноконструкции

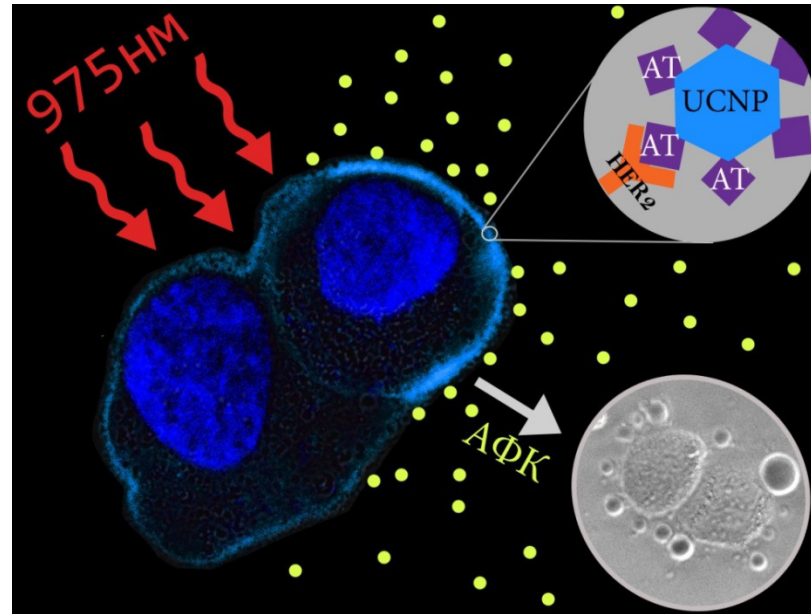
Ценность диагностики возрастает, если имеется возможность немедленного терапевтического воздействия.



Механизм FRET



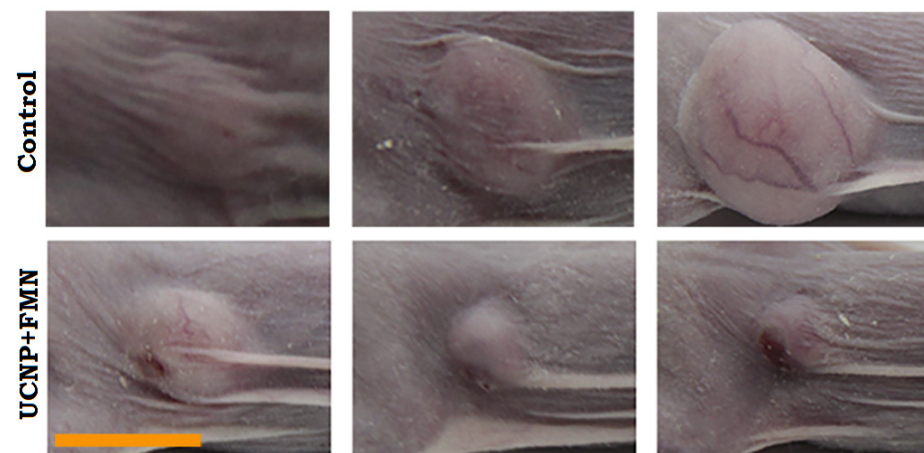
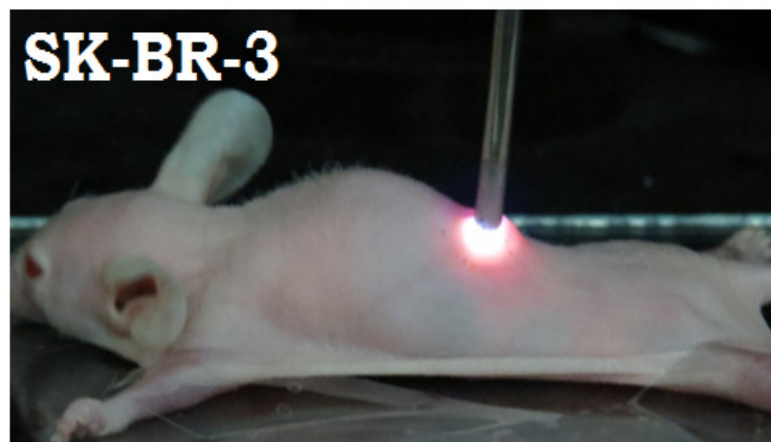
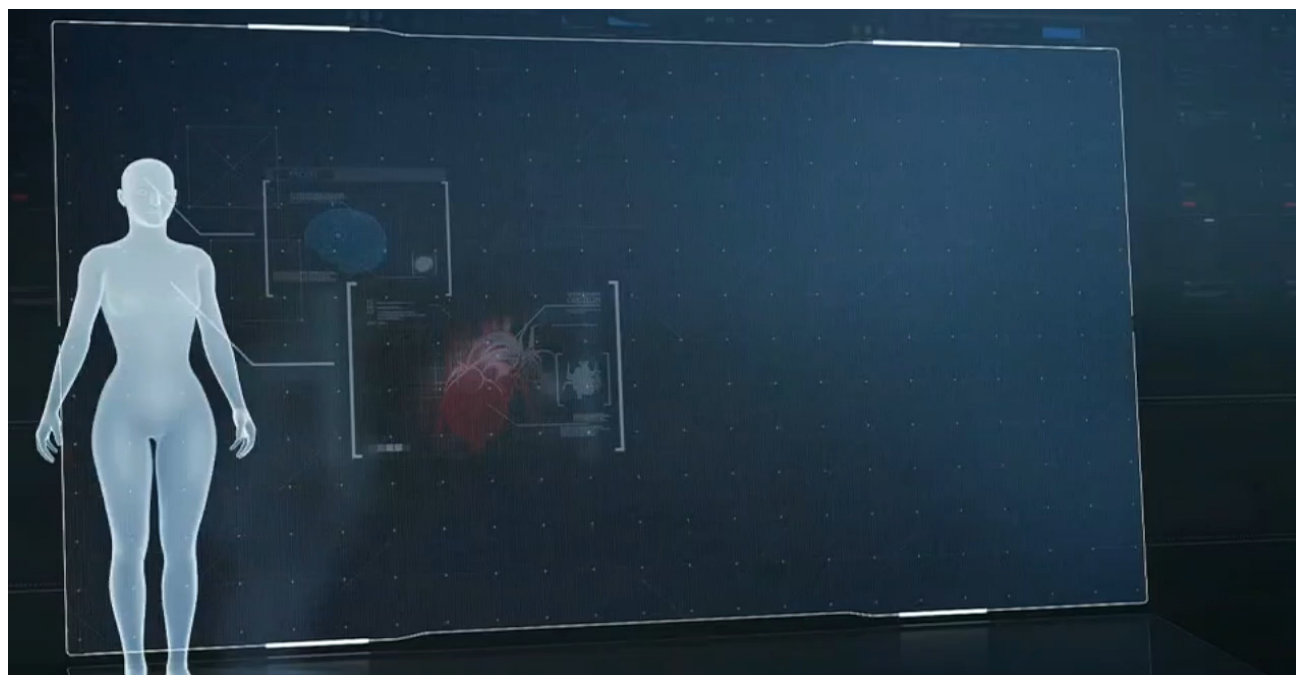
Фотодинамическая терапия на глубине > 1 см.



«Идеальный» фотосенсибилизатор

1. Отсутствие **темновой токсичности**
2. **Селективное накопление**
3. **Короткий период выведения** из организма
4. Высокая эффективность наработки **активных форм кислорода (АФК) *in situ***
5. Преимущественная активация фотонами из **ближней ИК области спектра (800-1200 нм)**

ФДТ ближним ИК излучением



Модель опухоли SK-BR-3,
аденокарцинома молочной железы человека. 32

Масштаб и этапы программы создания лазерного оружия в России

ЛАЗЕРЫ
(CO₂~1 МВт, Nd~ 10 МДж)



СИСТЕМА НАВЕДЕНИЯ
ЛАЗЕРНЫХ ПУЧКОВ



ЛАЗЕРНЫЙ ЛОКАТОР
БЫСТРО
ПЕРЕМЕШАЮЩИХСЯ



ЛАЗЕРНАЯ ОПТИКА

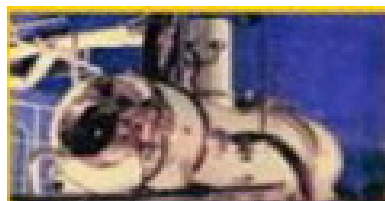


**ИССЛЕДОВАНИЯ – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ –
ТЕХНОЛОГИЯ – ПРОИЗВОДСТВО
ИСПЫТАНИЯ – ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ**

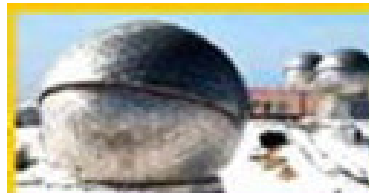
ТЕЛЕСКОПЫ



НЕЛИНЕЙНАЯ И
АДАПТИВНАЯ ОПТИКА



ПРОХОЖДЕНИЕ ЛУЧА
ЧЕРЕЗ АТМОСФЕРУ



ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ
ПОЛИГОНЫ

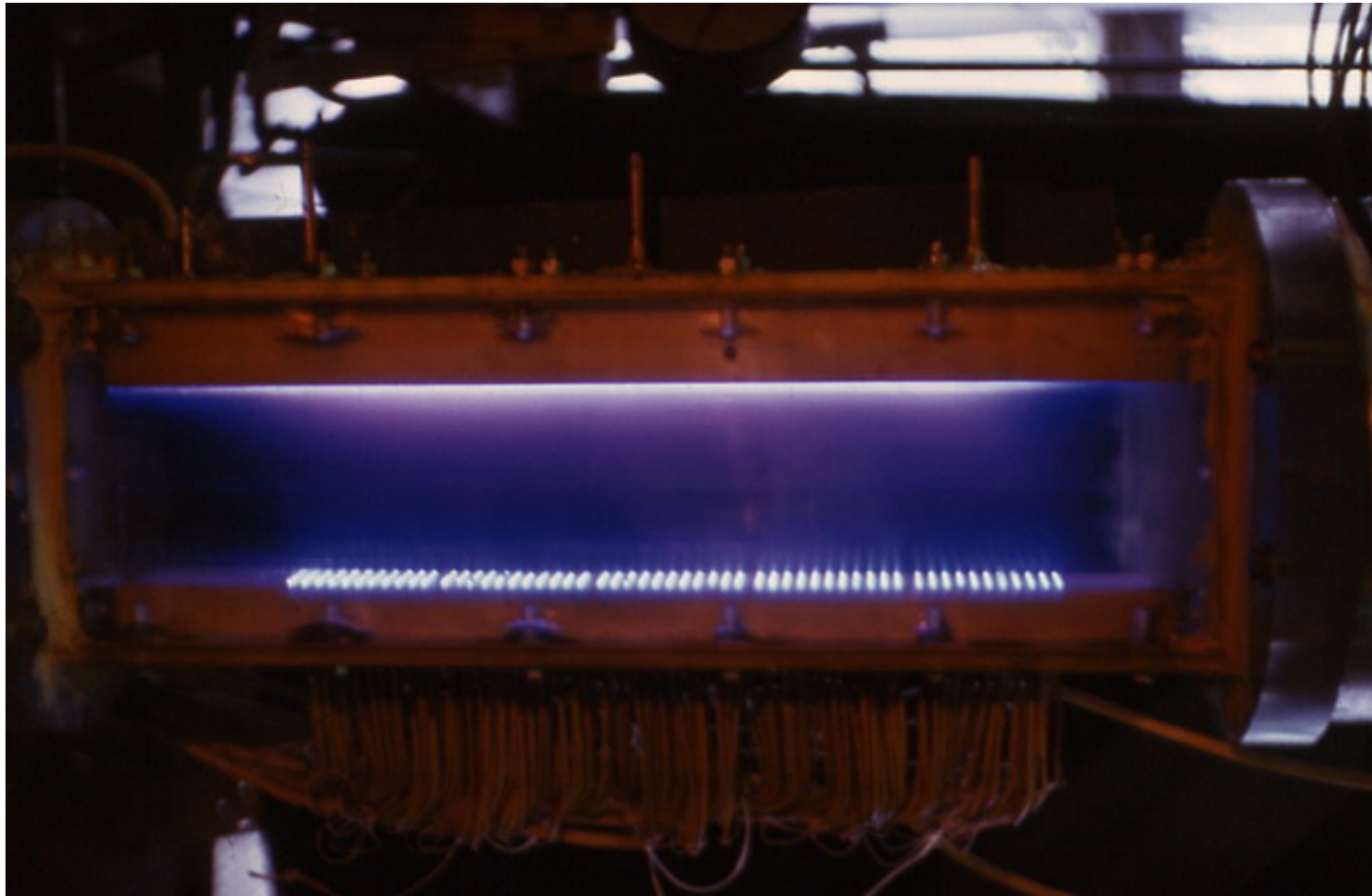


АКТИВНАЯ СРЕДА
НЕОДИМОВОЕ СТЕКЛО
КРИСТАЛЛЫ
ГАЗЫ

МЕТОДЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ
ОПТИЧЕСКИЕ
ХИМИЧЕСКИЕ
ТЕРМИЧЕСКИЕ

ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ
КОНДЕНСАТОРЫ
ИНДУКТИВНЫЕ НАКОПИТЕЛИ
ХИМИЧЕСКИЕ
МЕХАНИЧЕСКИЕ

АКТИВНАЯ СРЕДА СУПЕРМОЩНЫХ ЛАЗЕРОВ



**Однородный разряд в быстром потоке
лазерно-активного газа.**

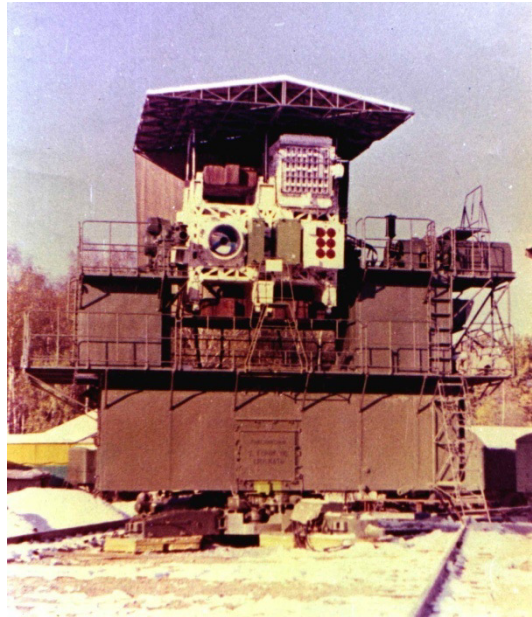
(ИАЭ им. И.В.Курчатова 1970г)

Первые эксперименты по созданию и использованию мощных лазеров на неодимовом стекле и CO_2 , подтвердили принципиальную возможность и перспективность использования мощных лазеров для решения различных оборонных и технологических задач и привели к разработке ряда государственных программ по развитию физики и технике мощных лазеров в России.



Министр обороны СССР Д.Ф.Устинов, президент Академии СССР А.П.Александров и ведущие специалисты в области квантовой электроники обсуждают программы развития мощных лазеров

Отечественные разработки лазерного оружия



Пост мощных ОКГ «ОМЕГА»



Летающая лаборатория с лазерным оружием на борту класса «воздух-воздух»



Передвижное наземное лазерное оружие



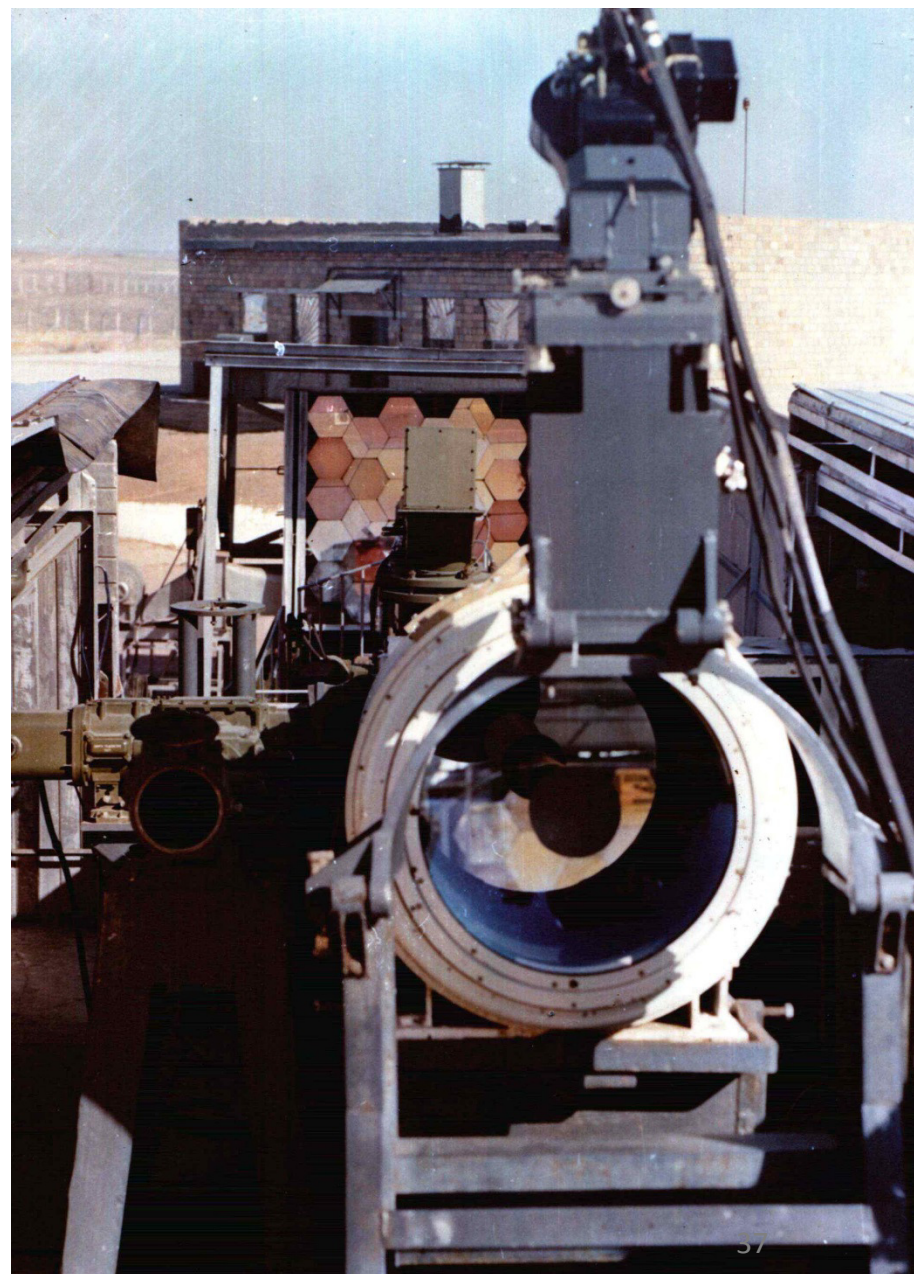
Корабль с лазерным оружием

ЛАЗЕРЫ ДЛЯ ВОЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Система формирования излучения «ОМЕГА-2М»

«Омега» - система наземного базирования для поражения низколетящих целей на базе твердотельных лазеров на неодимовом стекле

Энергия излучения в импульсе - 10Мдж (путем объединения 96 модулей с энергией 100кДж каждый)



Лазерный комплекс «Пересвет» предназначен для использования в составе противовоздушной обороны. Он отражает любые воздушные атаки и борется со спутниками на орбите. Использование лазерного **оружия** в системе ПРО имеет несколько преимуществ.



Лазеры для военного применения



Поражение низколетящей мишени лазерным излучением



Высшее образование по УГСН 03 «Физика и астрономия» в РФ

6 направлений бакалавриата (4 года) и магистратуры (2 года):

➤ «Прикладные математика и физика»

➤ «Физика»

➤ «Радиофизика»

2 специальности (6 лет):

➤ «Астрономия»

➤ «Фундаментальная и прикладная физика»

8 Федеральных округов

64 Субъектов РФ

95 образовательных организаций высшего образования

Прием на первый курс на бюджетной основе (платная форма +3-5% от указанных данных)

Уровень	2019/20	2020/21 уч.г.	2021/22 уч.г.	2022/23 уч.г.
Бакалавриат	4174	3899	4325	4372
Специалитет	74	460	463	463
Итого на 1	4248	4359	4788	4835
Магистратура	2808	2394	2420	2475

Поручение Президента РФ: «Система 2+»

Перечень поручений по реализации Послания Президента Российской Федерации Федеральному Собранию Российской Федерации от 15 января 2020 года №Пр-113 от 24.01.2020 г.

Пр-113, п.1 б)

предусмотреть для студентов, осваивающих образовательные программы высшего образования, **возможность выбора направления подготовки начиная с третьего года обучения.**

Поручение Президента РФ: «Укрупнение перечня и междисциплинарность»

Перечень поручений 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.

Учитывать необходимость сохранения особенностей подготовки кадров по программам специалитета для отдельных отраслей экономики;

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»**

О междисциплинарном подходе в высшем образовании

Современное научное знание является глубоко междисциплинарным, задачей современного образования является передача студентам существующего междисциплинарного знания и освоение ими методов получения нового междисциплинарного знания.

Для этого в первую очередь требуется изначальное получение глубоких профессиональных знаний по основной области наук – физики, химии, биологии, математики и др. После чего, на этой основе, в ходе реализации образовательной траектории обучающегося, следует дальнейшее расширение области применения полученных знаний на междисциплинарные области.

Таким образом, реализация междисциплинарных программ должна базироваться изначально на подходах и знаниях конкретных наук или областей наук. Примерами таких направлений являются «Геофизика», «Медицинская физика», «Квантовые технологии», «Биомедицинская физика наносистем», «Биохимическая физика» и т.д.

В связи с этим для создания в Перечне механизмов реализации междисциплинарных программ просим зафиксировать в УГСН «Физические науки», а также в области образования «Математические и естественные науки» открытые коды направлений подготовки и специальностей, предназначенные для автономной разработки образовательными организациями образовательных программ по междисциплинарным направлениям, актуальным для современного рынка труда.

*Из предложений ФУМО «Физика и астрономия»
на рабочей встрече Общероссийского
народного фронта 27.05.2021 г.*

Предложения КС и ФУМО (29.03.2021 г.)

Вариант структуры
Перечня направлений подготовки и специальностей высшего образования

Коды УГСН, направлений подготовки и специальностей	Наименования областей образования, УГСН, направлений подготовки и специальностей	Присваиваемые квалификации по уровням высшего образования
010000	МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ	
010100	Математика и механика	
010200	Компьютерные и информационные науки	
010300	Физика и астрономия	
010301	Прикладные математика и физика	.64 Бакалавр прикладной математики и физики .74 Магистр прикладной математики и физики
010302	Физика	.64 Бакалавр физики .74 Магистр физики
010303	Радиофизика	.64 Бакалавр радиофизики .74 Магистр радиофизики
010304	Астрономия	.75 Астроном. Преподаватель
010305	Фундаментальная и прикладная физика	.75 Физик. Преподаватель
010399	Междисциплинарные образовательные программы в рамках укрупненной группы направлений подготовки «Физика и астрономия»	.64 Бакалавр .74 Магистр .75 Специалист
010400	Химия	
010500	Науки о Земле	
010600	Биологические науки	
019999	Междисциплинарные образовательные программы в рамках области образования «Математические и естественные науки»	.64 Бакалавр .74 Магистр .75 Специалист
020000	ИНЖЕНЕРНОЕ ДЕЛО, ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ	

ИСКУССТВО АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Спасибо за внимание!



Атлант

Голова Давида
фрагмент статуи
Микеланджело Буонарроти
(Академия изящных искусств,
Флоренция, Италия)