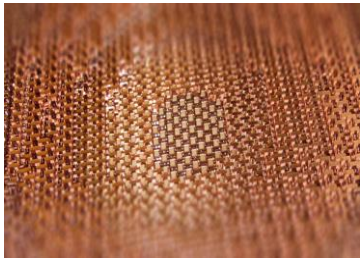
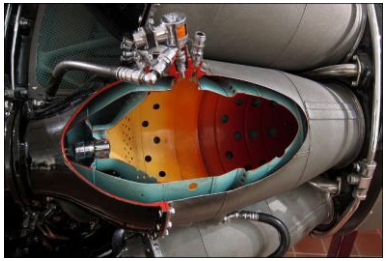
ПОЛИТЕХ
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Современная цифровая образовательная среда в РФ

Технет
Национальная технологическая инициатива

ЦЕНТР НТИ СПбПУ
НОВЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ПОЛИТЕХ
Институт передовых производственных технологий

CML
CompMechLab
ЦЕНТР КОМПЬЮТЕРНОГО ИНЖИНИРИНГА СПбПУ

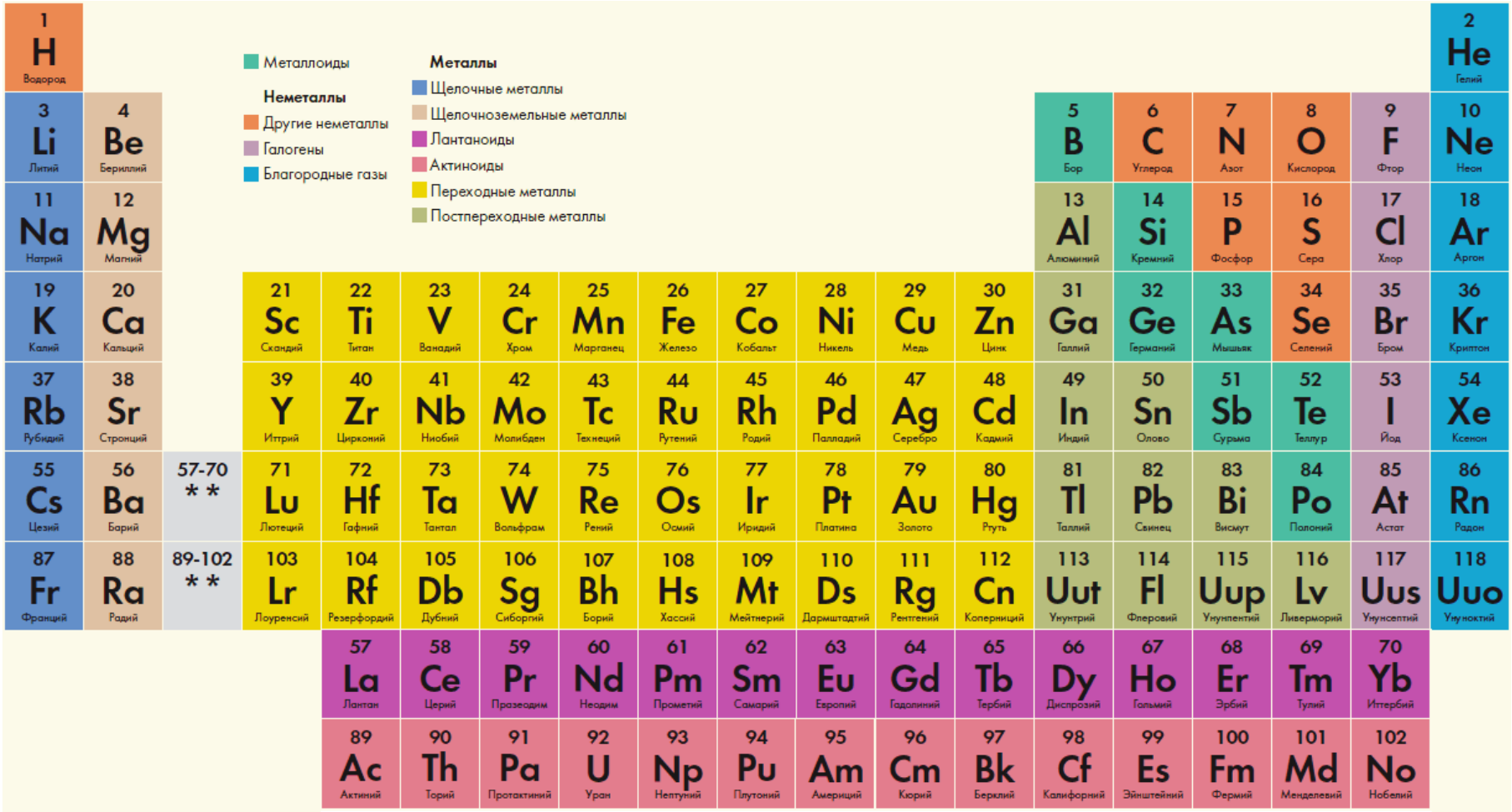
Северо-Западный региональный центр компетенций в области онлайн-обучения

Тема 6.2 Мета, наноматериалы и суперсплавы

Терещенко Владислав Владимирович
Ассистент ИППТ

МАТЕРИАЛЫ

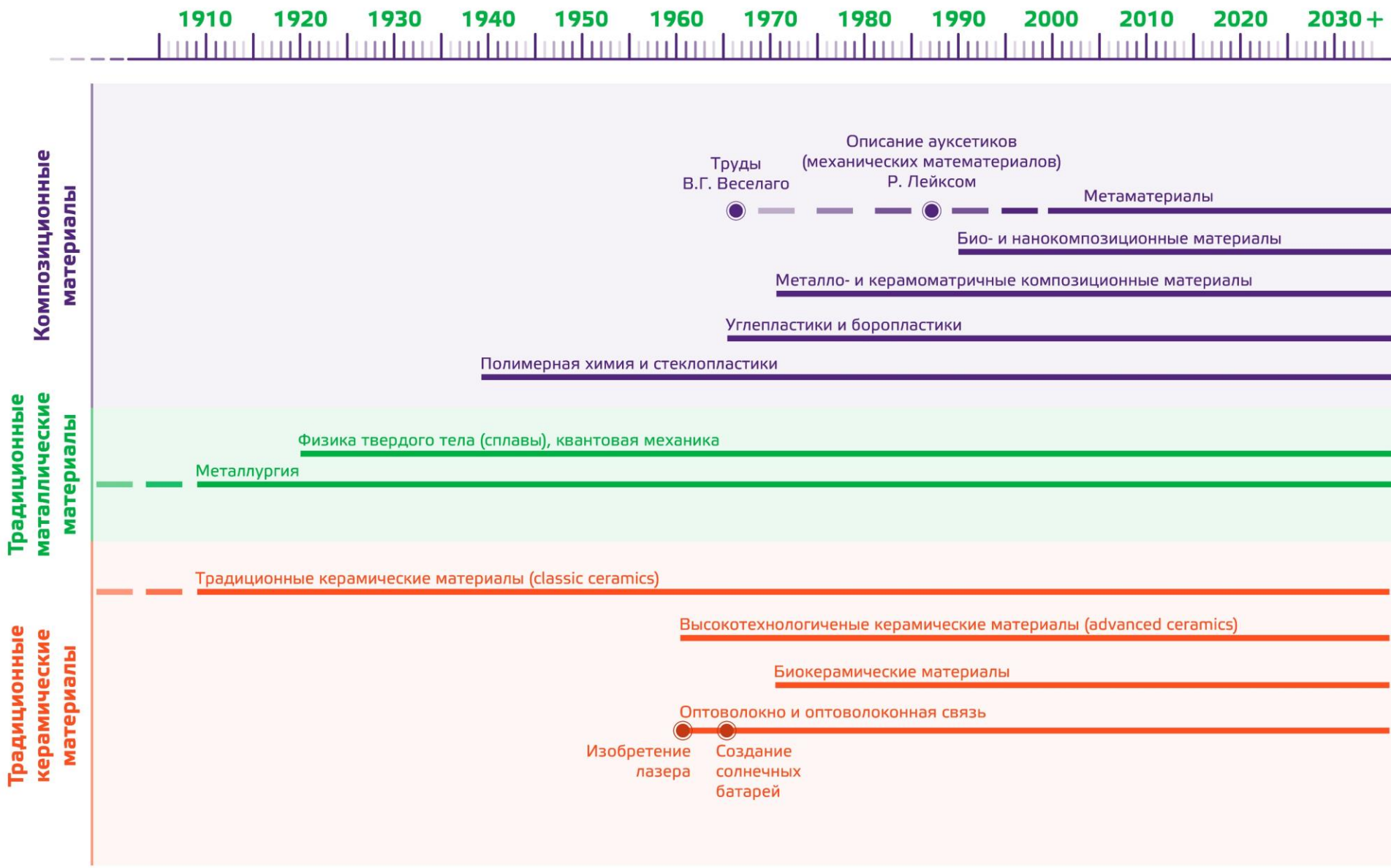
Материалы – материальная субстанция, вещество или смесь веществ, используемые для производства, изготовления вещей или преобразования в другие материальные субстанции, объекты и предметы.



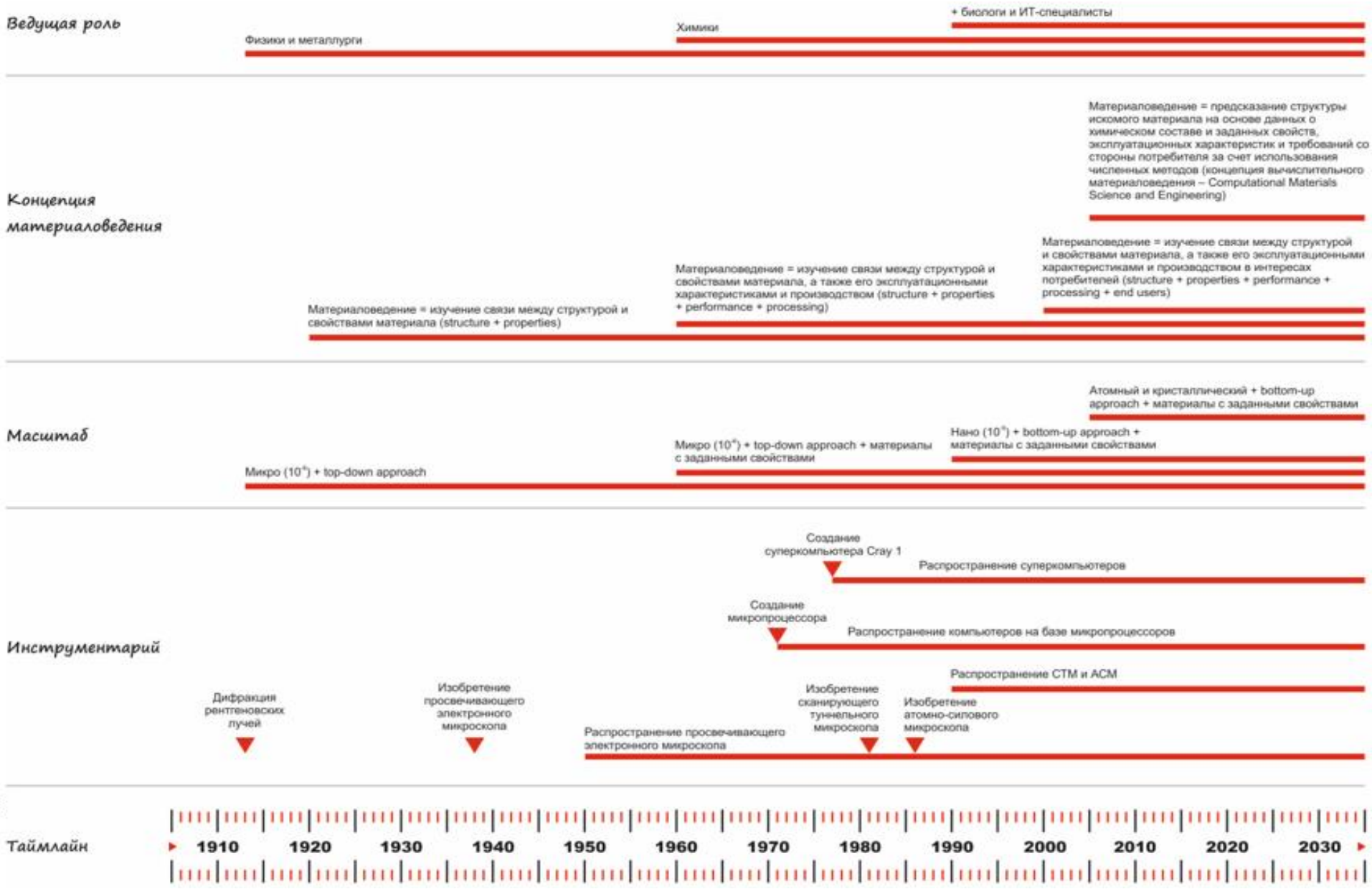
2018г - 118 элементов, и к 2019 году планируется синтез 119 и 120 элементов

Классификация материалов

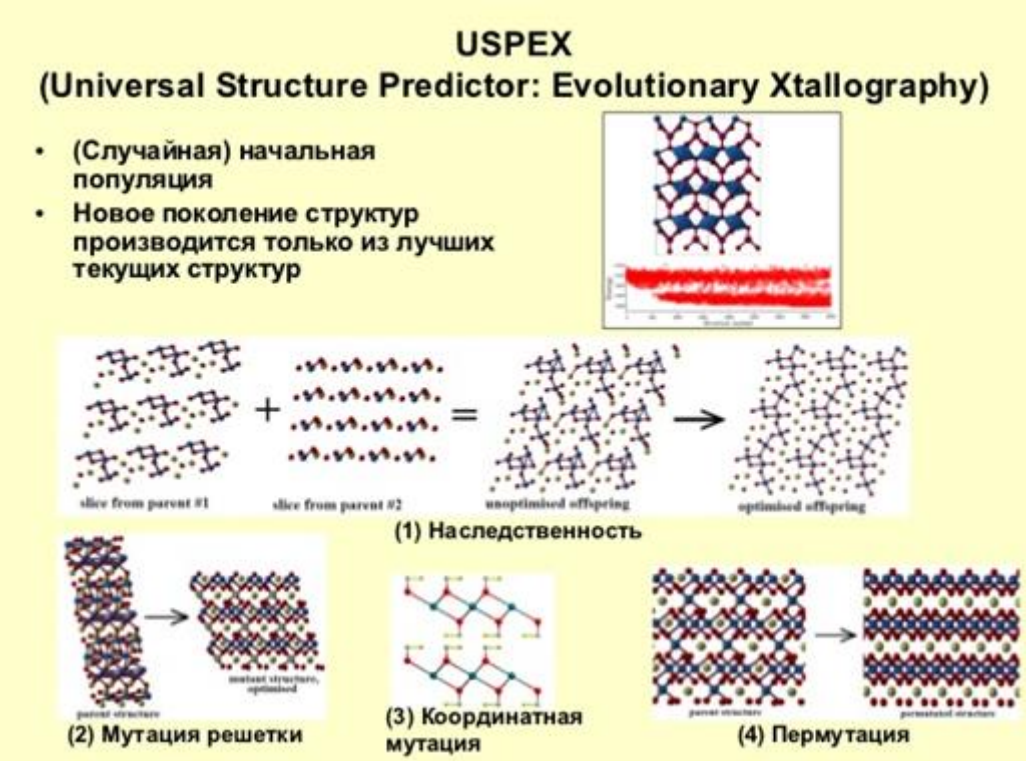
Эволюция новых материалов



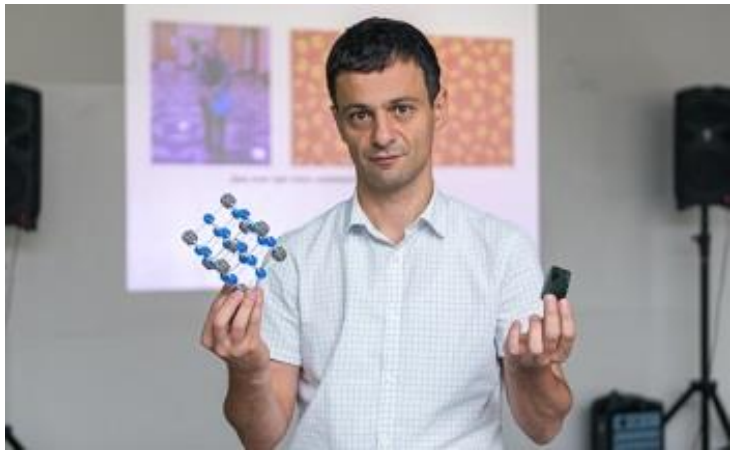
Эволюция технологий производства материалов



Цифровизация процесса дизайна материалов



Компьютерный дизайн материалов позволяет предсказать свойства материала в обход многолетних лабораторных исследований



Артём Ромаевич Оганов – автор методов компьютерного дизайна новых материалов и предсказания кристаллических структур USPEX

Центры в РФ по компьютерному дизайну материалов:

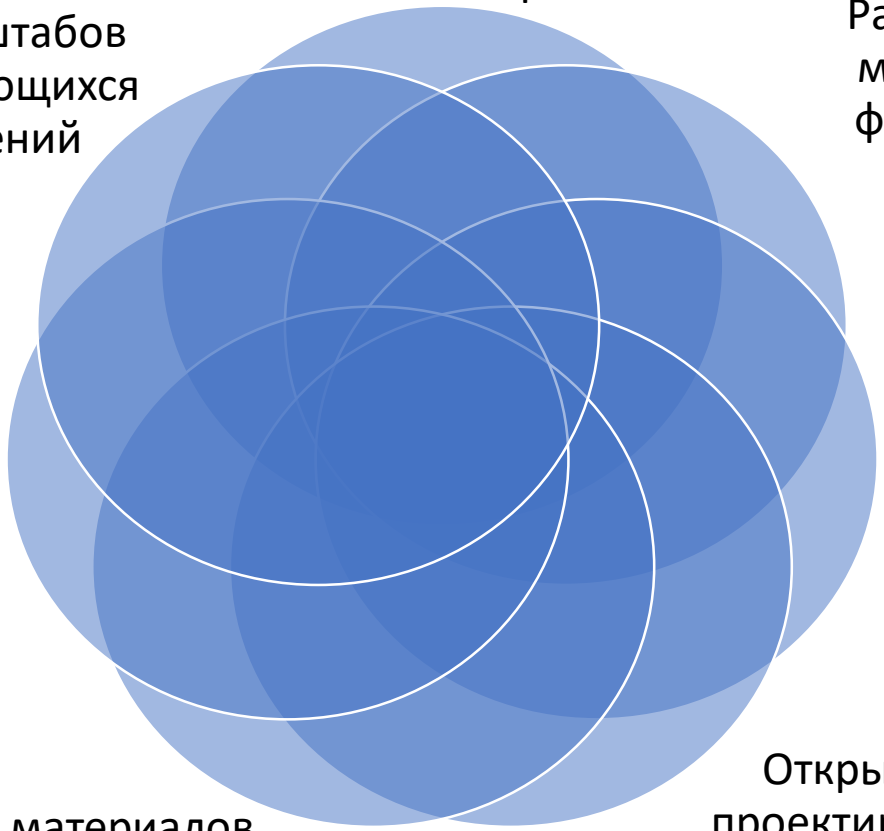
- Центр НТИ - «Композитные материалы и производство», совместно с технологическим партнером КБ «Архипов» и индустриальным партнером ГК «Русские инвестиции»
- Лаборатория компьютерного дизайна материалов (МФТИ, с 2013 г.)
- Лаборатория «Расчетное проектирование материалов» (Сколковский институт науки и технологии, Центр по проектированию, производственным технологиям и материалам, с 2015 г.)

Основные задачи

Изучение поверхностей материалов и катализаторов

Создание центра компетенции и обучения национальных масштабов для быстро развивающихся научных направлений

Разработка новых металлических и ферромагнитных материалов



Фундаментальные исследования для обеспечения понимания природы свойств материалов

Предсказание механических свойств материалов

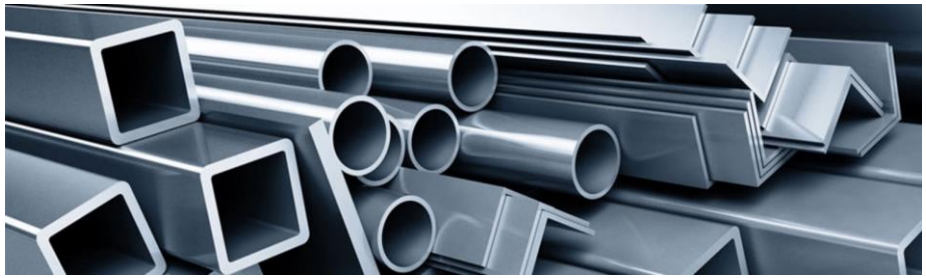
Открытие и проектирование «умных» материалов за счет ИИ

Ускорение открытия материалов для достижения конкретных преимуществ в новых технологиях

Классификация сплавов. Железо и его сплавы

Сталь - это сплав железа с углеродом и другими элементами, содержащий до 2,14 % углерода.

Чугун - сплав на железной основе. Отличие чугуна от стали заключается в более высоком содержании в нем углерода – более 2,14 %. Наибольшее распространение получили чугуны, содержащие 3–3,5 % углерода.



Углерод придаёт сплавам прочность и твёрдость, снижая пластичность и вязкость.

Преимущества и недостатки стали:

- высокая прочность и твердость
- огромное разнообразие свойства;
- вязкость и упругость при отсутствии остаточной деформации;
- легкость механической обработки – сварка, нарезка, сгибание;
- очень высокая;
- распространенность сырья и экономически выгодный метод производства

- слабая коррозионная стойкость без лигирующих добавок;
- сплав накапливает электричество, что заметно усиливает электрохимическую коррозию.;
- стальные конструкции имеют большой вес и заметно утяжеляют объекты;
- изготовление стальных изделий – многоэтапный процесс..

Цветные сплавы

- **Бронза** (сплав меди с оловом (до 10%), алюминием, марганцем, свинцом и другими элементами. бв=15О...21О МПа, б=4...8%.

- **Латунь** (сплав меди с цинком, Прочность 25О...4ОО МПа, Удлинение=35..15%. (Л96, Л90, ..., Л62 - цифры указывают на содержание меди в процентах).

- **Силумин** (сплавы алюминия с кремнием (до 14%), Прочностью 200 МПа, твердостью НВ50...70, пластичность 5...10 %.

- **Дюралюмины** (сплавы алюминия с медью (до 5,5 %), кремнием (менее 0,8%). марганцем (до 0,8 %), магнием (до 0,8 %) и др. Прочность 400...480 МПа и может быть повышен до 550...600 МПа);

- **Пеноалюминий** (средняя плотность 100...300 кг/м3);

- **Титан** (высокая коррозионная стойкость, низкая плотность (4500 кг/м3)

Наименование материалов	Плотность, кг/м^3	Температура плавления, °С	Удельное сопротивление при 20 °С, Ом-мм^2/м
Алюминий	2700	660	0,027—0,030
Бронза	8800—8900	890—1050	0,02—0,05
Вольфрам	18 000—19 300	3370—3400	0,053—0,055
Латунь	8400—8700	900—960	0,03—0,08
Медь	8700—8900	1080	0,0175—0,018
Никель	8800—8900	1450	0,068—0,072
Олово	7300	232	0,012
Платина	21450	1755	0,096—0,10
Свинец	11 340	327	0,217—0,227
Серебро	10 500	960	0,015—0,016
Цинк	6900—7100	420	0,054—0,063
Нихром	8200	1360(1000)	1,10
Фехраль	7600	1450(850)	1,20
Константан	8800	1270(500)	0,50
Манганин	8300	940(300)	0,46
Нейзильбер	8400	1050(250)	0,35

Суперсплавы, свойства

Жаропрочность – способность металла сопротивляться пластической деформации и разрушению при высоких температурах

Критерии оценки жаропрочности:

- кратковременная ползучесть
- длительная ползучесть

Жаростойкость – способность металлов сопротивляться газовой коррозии при высоких температурах в течении длительного времени. Жаростойкость зависит от строения окисной пленки.

Ползучесть – свойство металла медленно пластически деформироваться под действием постоянной нагрузки при постоянной температуре.

Свойства жаропрочных материалов

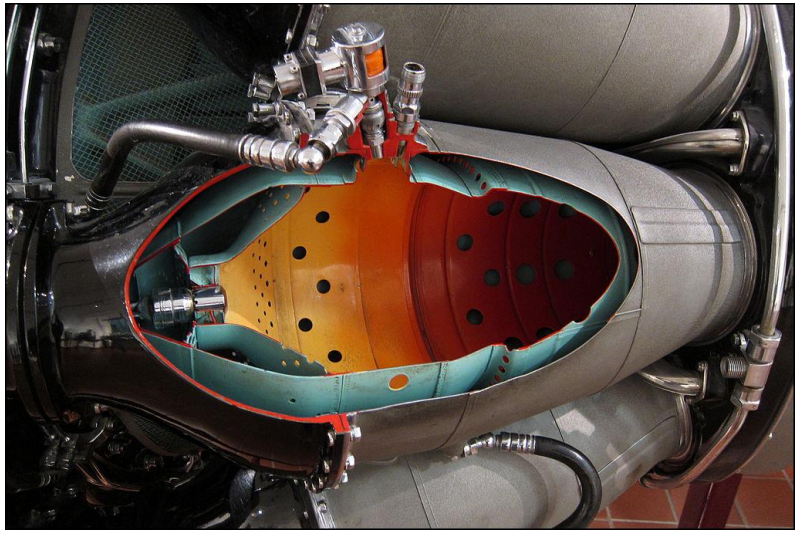
Сплавы	Пластичность при t окружающей среды	Высоко-температурная пластичность	Сопротивление	
			окислению	коррозии
Nb, Ta, Mo, W	+ -	- +	+/- -	+/- -
Алюминиды	-	+/-	+	-
SiC, Si3N4 C-C	- -	+ +	+ -	+/- -
Суперсплавы (Ni+)	+	+	+	+

Суперсплавы, применение

Сплавы на основе элементов VIII группы, разработанные для эксплуатации при повышенной температуре под воздействием механических нагрузок в условиях, при которых от материала требуется термическая стабильность.

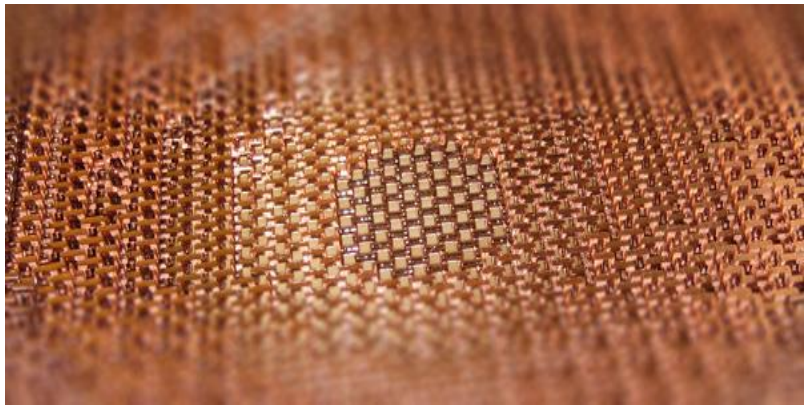
Работают при t, близких к t плавления (реактивные двигатели, атомные реакторы, газовые турбины…)

Корпус реактора ВВЭР из суперсплава



Авиационный двигатель из суперсплава

Мета-материалы, основные особенности и области применения



«Тот, кто раньше овладеет нанотехнологией, займет ведущее место в техносфере следующего столетия»

Э. Теллер

Метаматериал — материалы, природные свойства которых обусловлены не столько природными физическими свойствами, сколько периодической микроструктурой создаваемой человеком.

Представляют собой искусственно сформированные и особым образом структурированные среды, обладающие электромагнитными или акустическими свойствами, сложнодостижимыми технологически, либо не встречающимися в природе.

Одно из возможных свойств метаматериалов — отрицательный (или левосторонний) коэффициент (показатель) преломления, который проявляется при одновременной отрицательности диэлектрической и магнитной проницаемостей.

История создания

Виктор Веселаго

В 1898 году *Джагадис Чандра Бозе* провел первый микроволновый эксперимент по исследованию поляризационных свойств созданных им структур искривленной конфигурации.

Джагадис Чандра Бозе

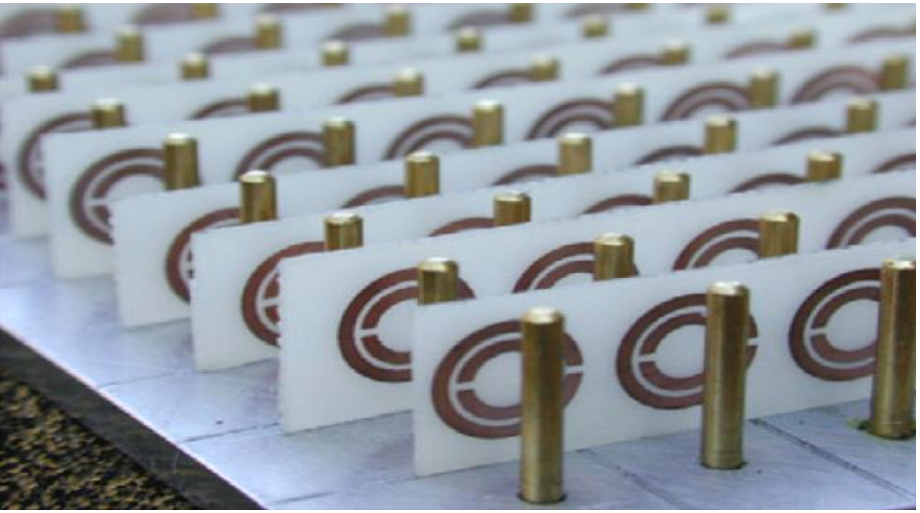
В 1914 году *Линдман* воздействовал на искусственные среды, представлявшие собой множество беспорядочно ориентированных маленьких проводов, скрученных в спираль и вложенных в фиксировавшую их среду .

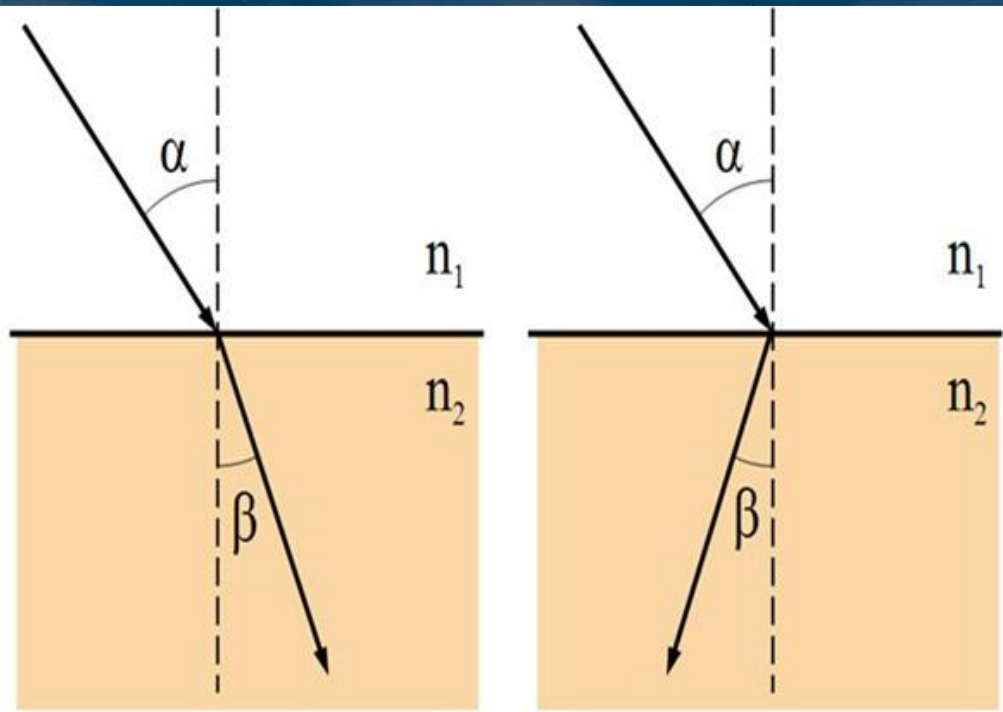
Первые упоминания о метаматериалах с отрицательным коэффициентом преломления начинаются с упоминания работы советского физика *Виктора Веселаго*, опубликованной в журнале "Успехи физических наук" за 1968 г.

Отрицательный показатель преломления

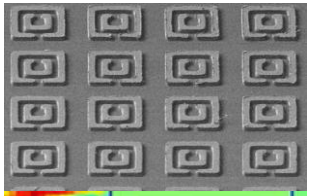
$$n = \sqrt{\varepsilon * \mu} \rightarrow n^2 = \varepsilon * \mu$$

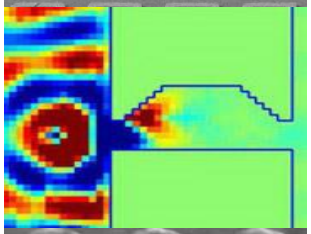
Для всех сред, которые могут быть найдены в природе, лучи падающего и преломленного света находятся по разные стороны от нормали, восстановленной к границе раздела сред в точке преломления.

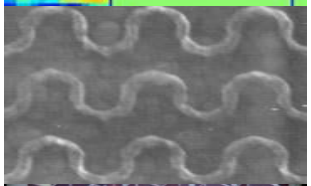


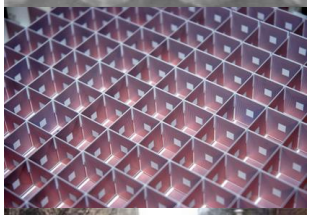


Применение метаматериалов







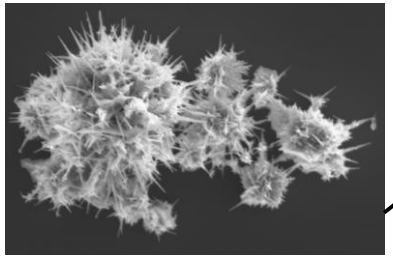


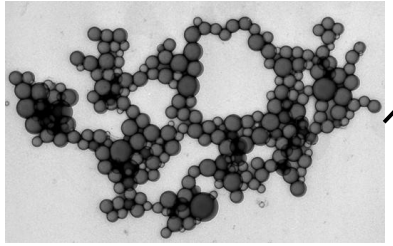
1. **Суперлинза** в материалах с отрицательным показателем преломления можно преодолеть дифракционный предел разрешения обычной оптики;
2. **Обнаружение сквозь стены -** новый класс искусственных материалов, которые демонстрируют сильный магнитный отклик на излучение терагерцевого диапазона;
3. **Блеф-стена.** создаёт иллюзию отсутствия реального объекта, то "ворота" формируют впечатление, что объект (в данном случае стена) существует там, где на деле его;
4. **Антизеркало -** при отражении электромагнитной волны оно обращает магнитную составляющую колебаний, но не трогает электрическую. Так что в сравнении с зеркалом обычным, это можно было бы назвать антизеркалом;
5. **Плащ-невидимка -** Возможности для маскировки объектов

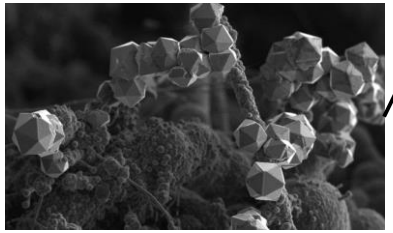
Наноматериалы

Наноматериалы (**НМ**) – продукты нанотехнологий, важнейшие функциональные свойства которых определяются наноуровнем их структуры

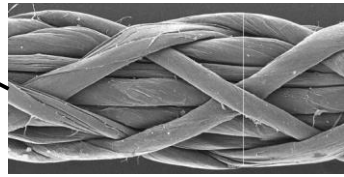
По рекомендациям 7-ой Международной конференции по нанотехнологиям (Висбаден, 2004) выделяют следующие **виды** наноматериалов:

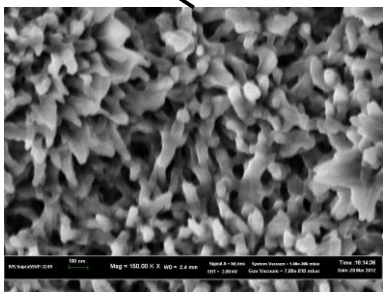






- нанопороистые структуры
- наночастицы
- нанотрубки и нановолокна
- нанодисперсии (коллоиды)
- наноструктурированные поверхности
- нанокристаллы и нанокластеры





Примеры наноматериалов

Графен – монослой атомов углерода, обладает высокой подвижностью при комнатной температуре.

Свойства графена

- Самый тонкий материал, толщиной в 1 атом;
- Плотность– 0.77 мг/м^2;
- Практически прозрачен;
- Прочность на разрыв 42 Н/м, в 100 раз прочнее стали такой же толщины.
- Является суперпроводником (выше меди в 10 раз);
- Высокая теплопроводность (выше меди в 10 раз);

Андрей Гейм (1958, Сочи, МФТИ, ИФТТ, ИПТМ)

Константин Новоселов (1974, Нижний Тагил, МФТИ, ИПТМ)

Возможные применения графена:

- Сенсорные экраны, микроэлектроника
- Композитные материалы
- Планшетные компьютеры
- Солнечные элементы
- Электронные схемы
- Гибкие световые панели
- Часы, календари
- Мобильные телефоны

«Хоть я и говорю, что графен — самый тонкий материал во вселенной, нет препятствий к тому, чтобы сделать подобные тонкие материалы из других атомов. Их свойства также абсолютно не изучены, можно быть уверенным только в том, что они интересны…»

К.Новоселов,
лауреат Нобелевской премии

Примеры Наноматериалов

Углеродная Нанотрубка - аллотропная модификация углерода, представляющая собой полую цилиндрическую структуру диаметром от десятых до нескольких десятков нанометров и длиной от одного микрометра до нескольких сантиметров

Сравнительные характеристики УГН и других конструкционных материалов:

Волокнистый материал	Удельная плотность (г/см3)	Модуль Юнга (ТПа)	Предел прочности (ГПа)	Удлинение при разрыве (%)
Углеродные нанотрубки	1.3 - 2	1	10 - 60	10
Легированная сталь	7.8	0.2	4.1	< 10
Углеродное волокно (полиакрилонитрил)	1.7 - 2	0.2 - 0.6	1.7 - 5	0.3 - 2.4
Углеродное волокно (пек)	2 - 2.2	0.4 - 0.96	2.2 - 3.3	0.27 - 0.6
Стекловолокно типа E/S (E/S glass)	2.5	0.07 / 0.08	2.4 / 4.5	4.8
Kevlar* 49	1.4	0.13	3.6 - 4.1	2.8

	Удельная теплопроводность (Вт/(м·К))	Электропроводность (См/м)
Углеродные нанотрубки	> 3000	106 - 107
Медь	400	6 x 107
Углеродное волокно (пек)	1000	2 - 8.5 x 106
Углеродное волокно (полиакрилонитрил)	8 - 105	6.5 - 14 x 106

Спасибо за внимание