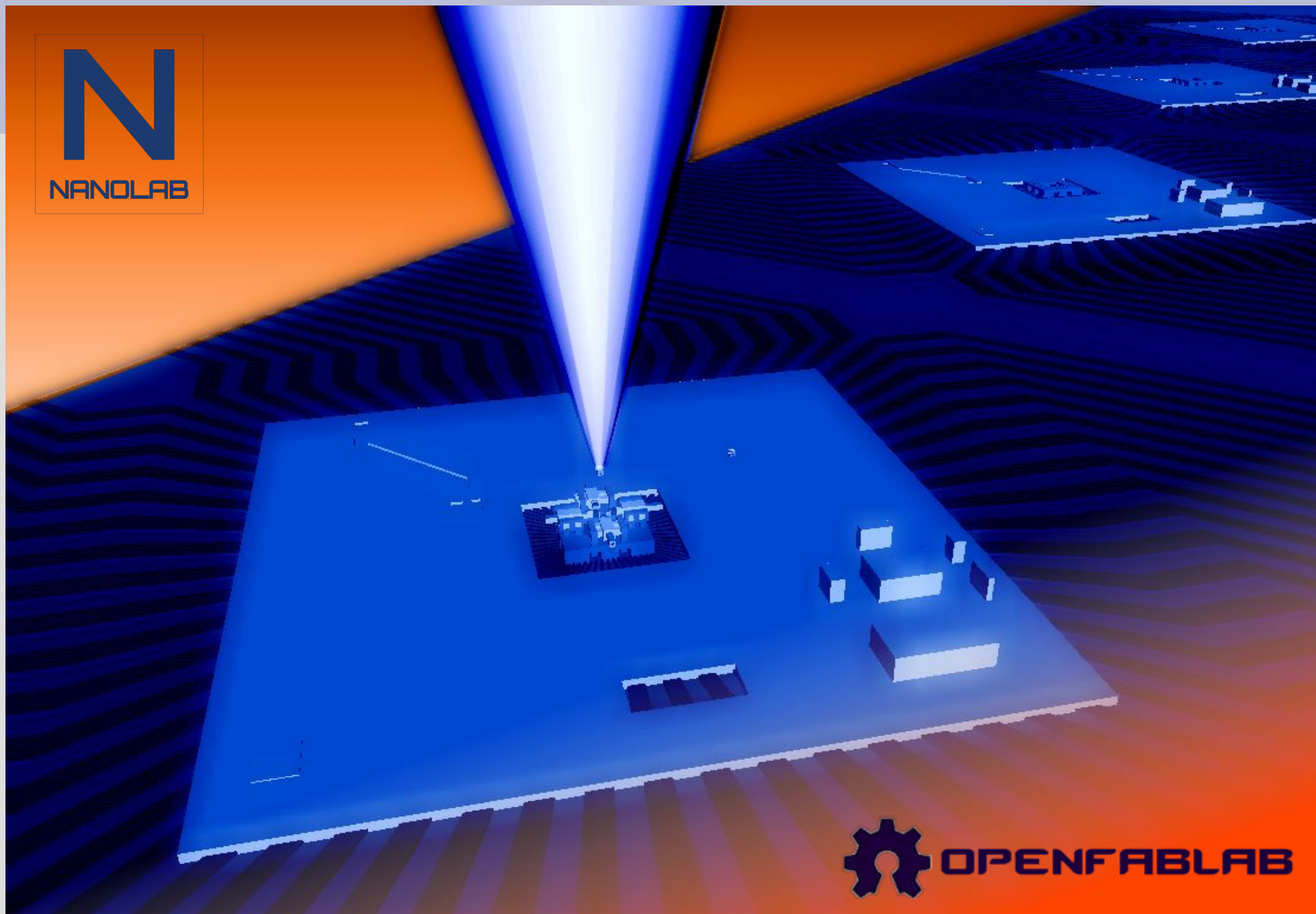


# Создание молекулярных ассемблеров



**Ответы на вопросы, которые мы  
сегодня не будем обсуждать:**

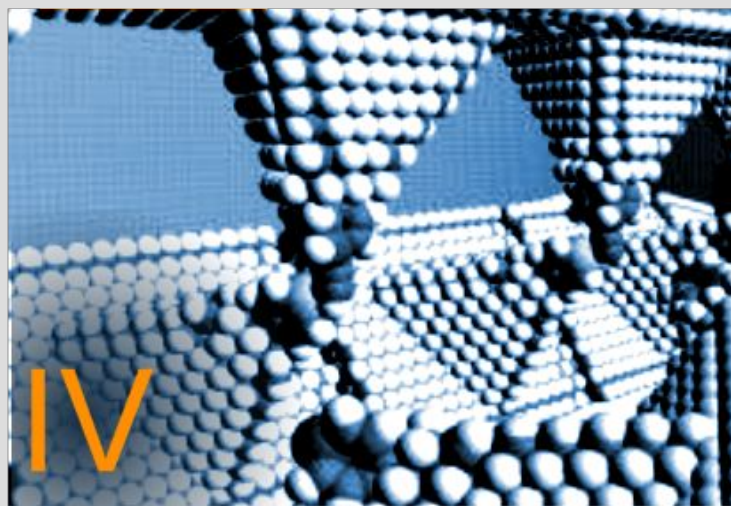
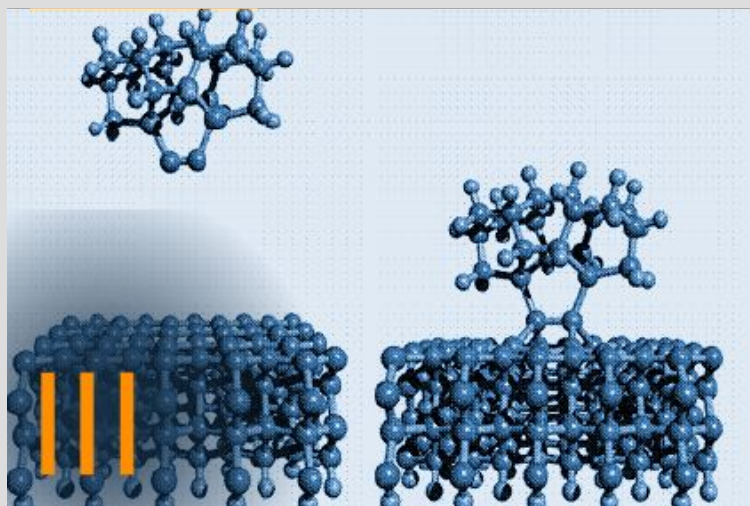
**Можно  
и нужно!**



# Основы стратегии:

- Идеи Дрекслера-Фрайтаса-Меркле
- Top-Down: 4 поколения на одном чипе.
- Поколения целых роботов, либо только инструментов.
- Каждый узел каждой стадии — отдельная задача. Вполне решаемая ТРИЗ, Ideation WorkBench.
- Реципрокное наращивание инструментальной базы
- Open-source и парадигмализм

# Поколения ассемблеров



# Возможности ассемблеров разных поколений

- **I поколение**

- Ручная сборка из готовых химически и физически синтезированных блоков, модификация блоков

- **II поколение**

- Ограниченные возможности ручного синтеза структур из ограниченной номенклатуры сырья. Частично используется ЧПУ.

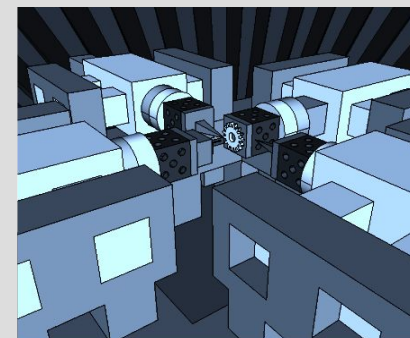
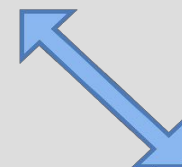
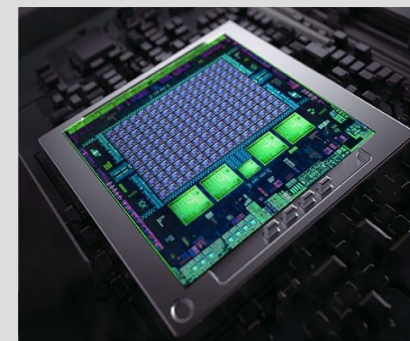
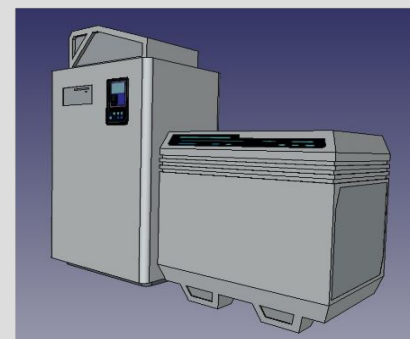
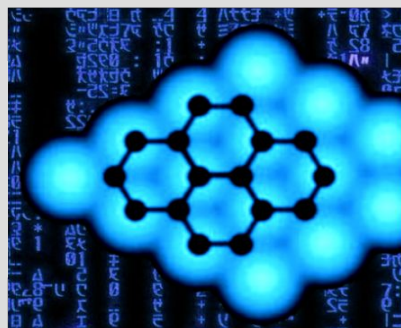
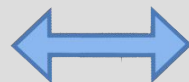
- **III поколение**

- Автоматический быстрый синтез широкого класса структур из ограниченной номенклатуры сырья

- **IV поколение**

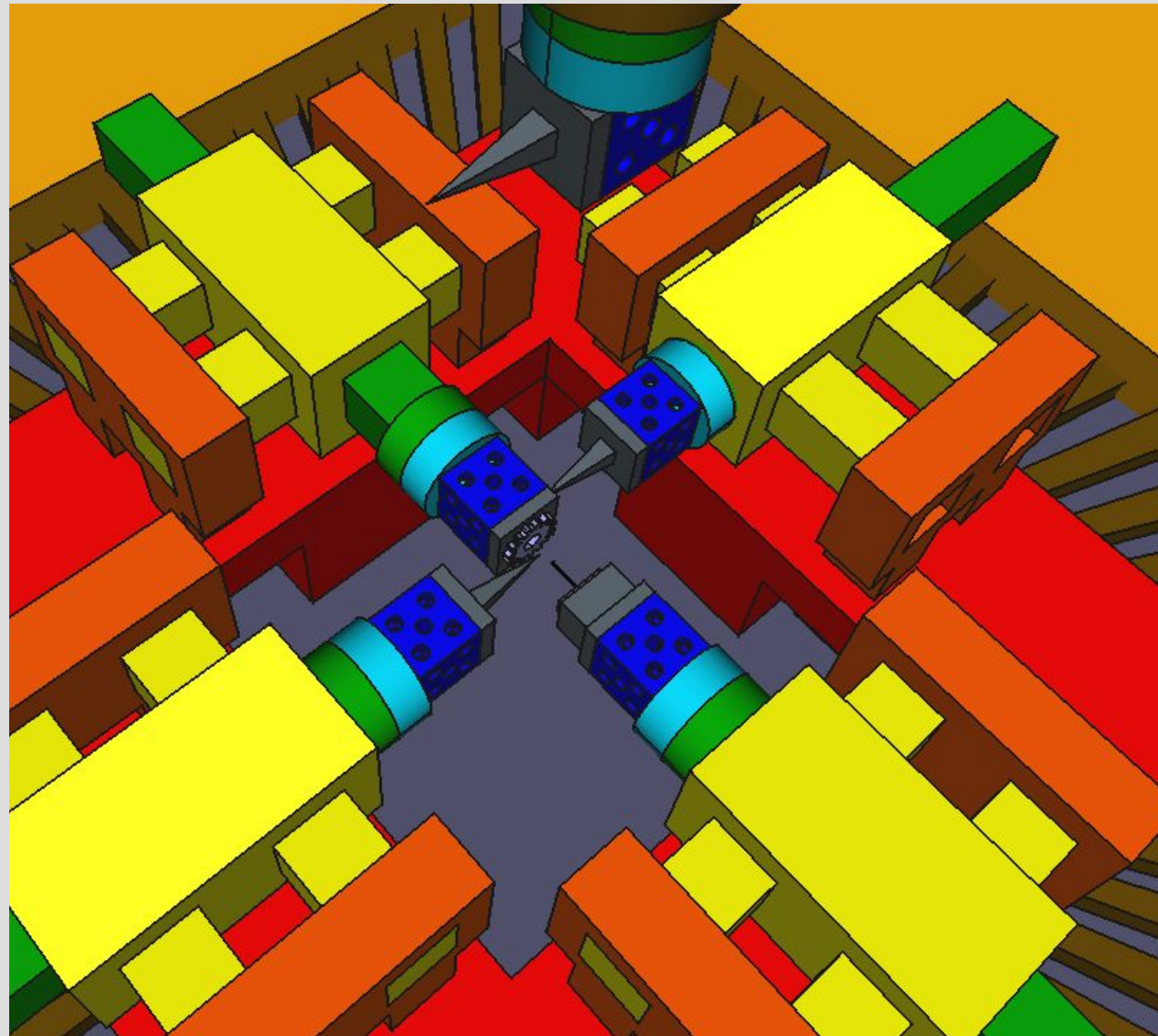
- Очень быстрая автономная разборка и сборка очень широкого класса структур

# Экспериментальная установка



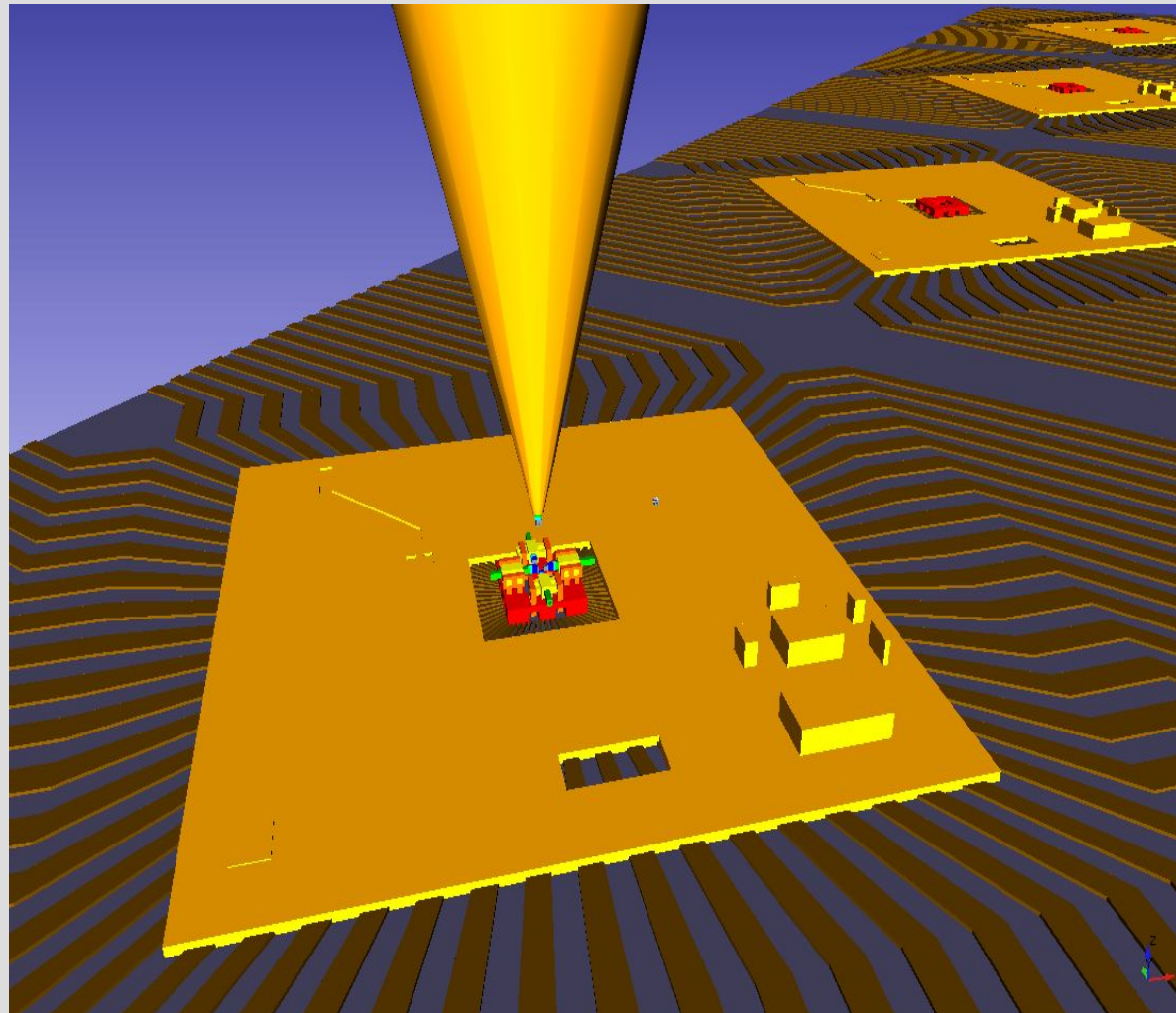
# Микроуровень

- $4 \times (3+1)$  DOF
- 4хпсевдо-6 DOF
- Мультизахват
- Многопоточное, многоуровневое ООС/ООП
- Нейрокомпенсатор
- Визуализация
- Унив. держатели инструмента, заготовок, сырья, отходов.
- Fast bootstrapping



# Мезоуровень

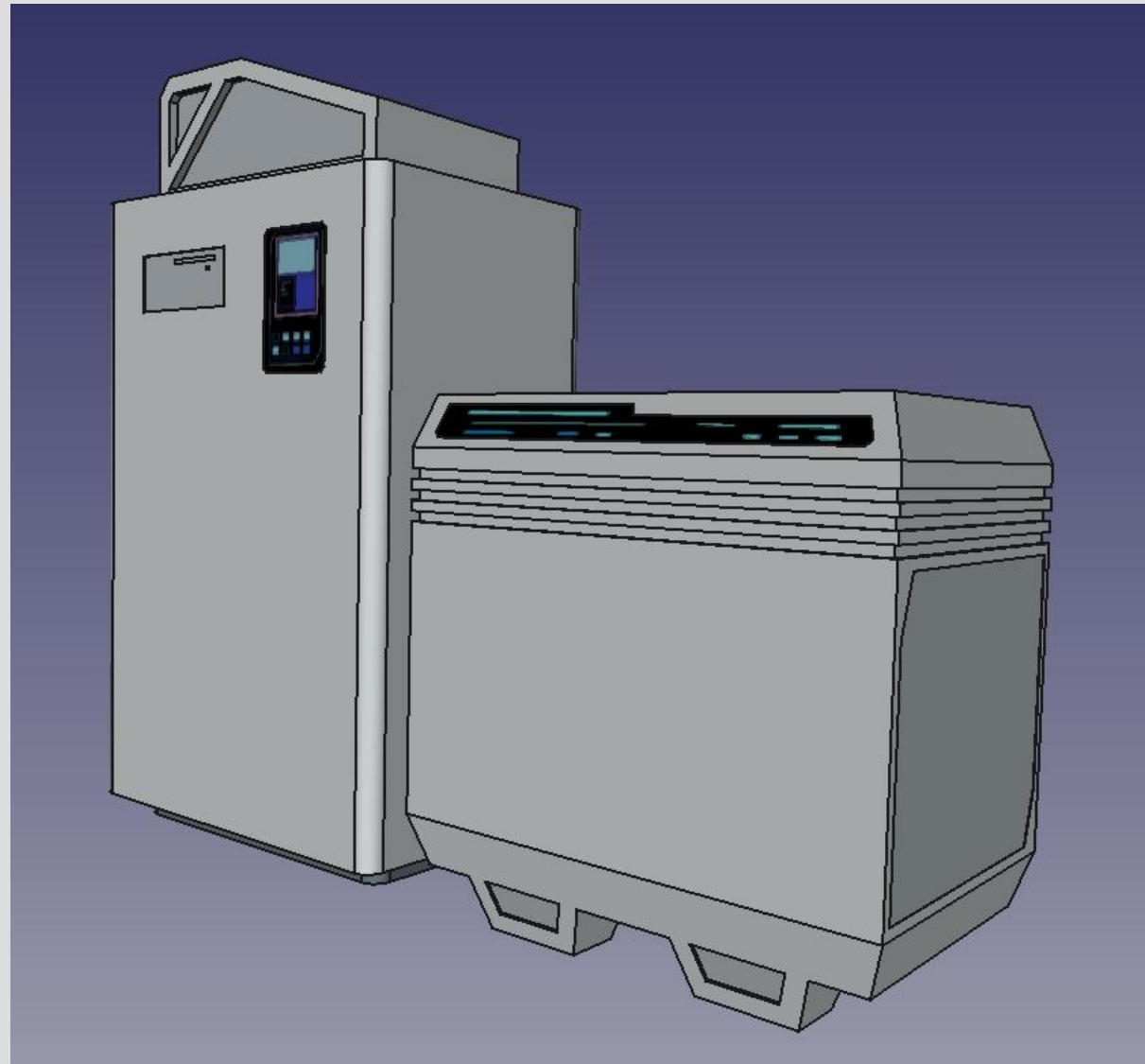
- СЗМ, ЭМ
- Ресурсы
- Инструменты
- Станки
- Отходы
- Физ обр.
- Хим (мф).
- Сборка
- Теплоотвод.
- Шлюзы
- ПЛИС





# Макроуровень

- Холод
- Вакуум
- Тяжесть
- Виброзащита
- Wireless
- UPS
- Все это, в основном, для мезоуровня



# Интерфейс оператора

- О реалистичном образе атома в NanoLab
- Пусть атомы рассчитывают сами себя
- AR/VR и поворотный тактильный пульт
- Свободное движение инструментов, преобразуемое математикой в реально возможное.
- Виртуальная среда контроля микро и мезо-уровней (Unity? FreeCAD?)
- Слой моделирования (SuperCPU?)
- НОМО-LUMO дискриминатор
- Регулируемое тактильное усиление и масштаб
- Скриптовая автоматизация. Python.
- Интеграция с CAD (Workbench к FreeCAD)

# Интерфейс оператора

- Двухуровневая сплошная координатная система
- Предотвращение столкновений инструментов, защита от ошибок оператора
- Эргономика (долгий, напряженный труд), удобная поза оператора, непотеющие очки или без очков.
- Голосовые команды, графические интерфейсы.
- Библиотека инструментов, материалов, компонентов, доступных и нет.
- Оператор выбирает, а смена производится автоматически
- Автогенерируемый realtime roadmap.

# Компоненты роботов- ассемблеров

- Корпусные детали
- Соединения
- Моторы
- Датчики положения
- Редукторы
- Подшипники, направляющие, шарниры
- Пружины
- Подвижные контакты
- Инструменты
- Системы хранения и подачи сырья

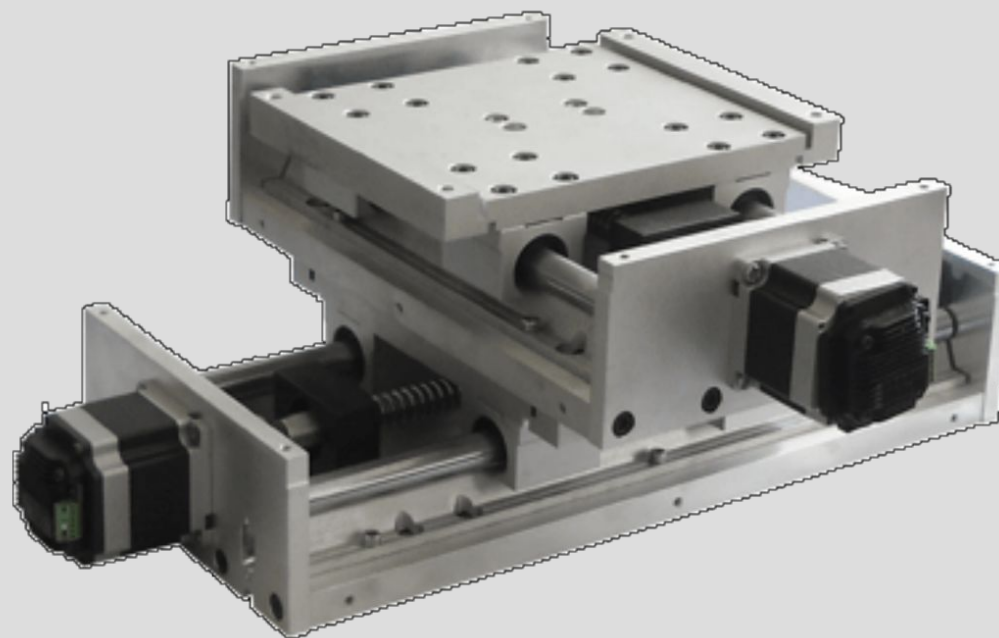
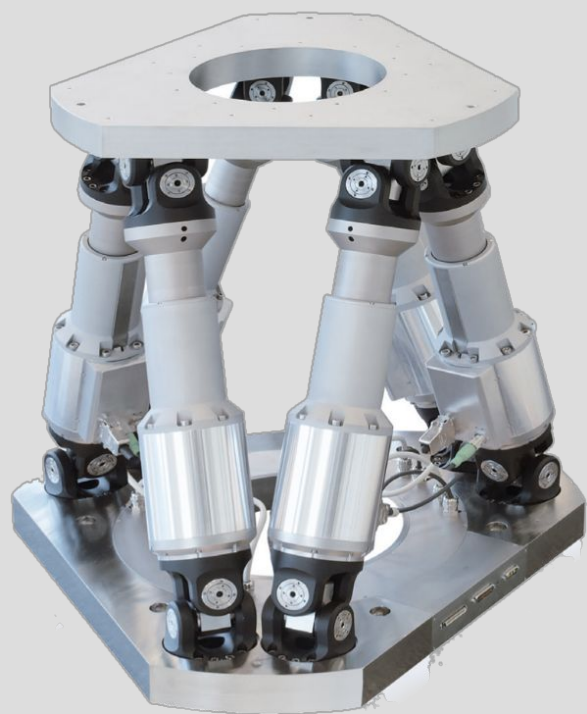
# Корпусные детали

- Изоляторы
  - Вакуум свыше 1 нм
  - Линейные полимеры
  - Пленки
  - SP3
    - Алмаз
    - Прочее
- Проводники
  - Металлы
  - Полисопряженные
    - Проводящие полимеры
    - Нанотрубки и фуллерены
    - Графен
- Гибридные
  - Шлейф с перемычками
  - Провод в оболочке
  - Провода на поверхности и в объеме диэлектрика

# Соединения

- Неразъемные
  - Ковалентные
  - Давлением (в.т.ч через прослойку)
  - Прессовые
  - Гибридные
  - Пайка, сварка, клейка
- Разъемные
  - Штифты
  - Зажим несколькими инструментами
  - Емкостный захват
  - Плавкий материал
  - Нековалентная сборка
- Управляемые (мех, хим, электр) в которых легко образовывать связь и разрушать
- Синтетические блоки, которые соединяют и имеют разъем чтобы их соединяли

# Гексапод или декарт?



**И то и другое.**

# Моторы

- Непрерывного действия
  - Ток
    - Внемолекулярные (Drexler, Kral)
    - Внутримолекулярные (Feringa)
  - Напряжение
    - Кулоновские
      - Ротор с постоянными зарядами
      - Подключеный ротор
      - Изолированный ротор
      - Поляризующийся ротор
    - Емкостные
- Прерывистого действия
  - Коленчатый механизм
  - Храповой механизм
  - Перехват (как в мышцах)
  - Фазный стохастический



## Датчики положения: обратная связь

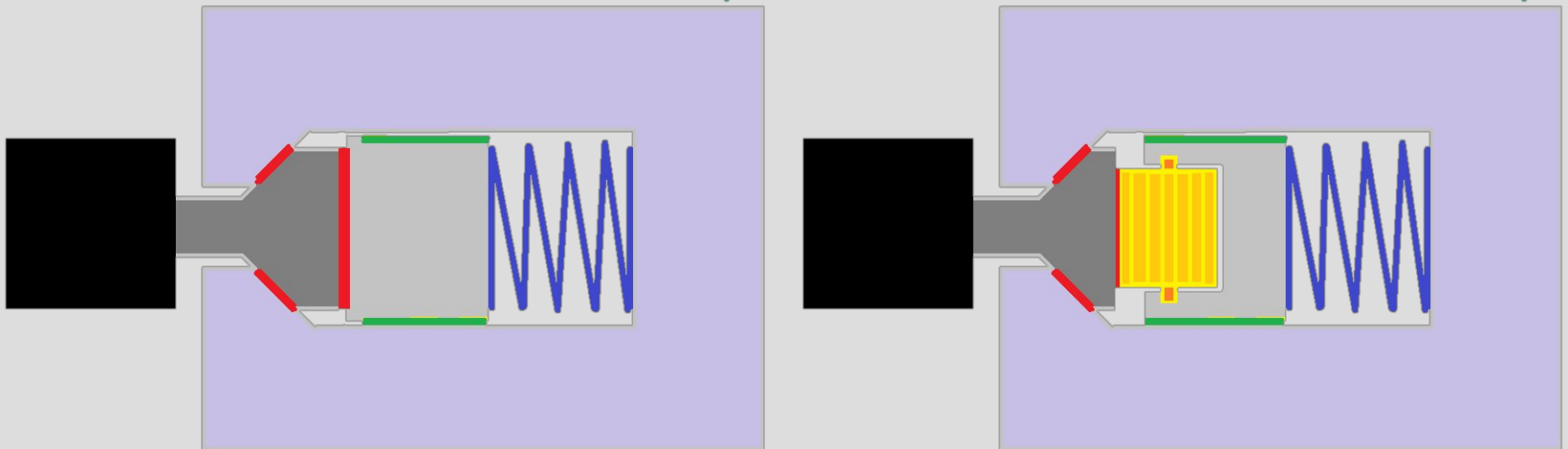
- Туннельный
- Атомно-силовой
- Тензорезистивные молекулы
- Латеральный и радиальный способ установки датчиков
- Бинарный датчик

# Редукторы

- Вращение и линейное перемещение
- Прямой безредукторный привод: линейный или вращательный (ток, напряжение, емкость)
- Можно пожертвовать скоростью ради точности и силы (трение!)
- Цилиндрический многоступенчатый
- Цапфы
- Большие передаточные числа и много ступеней
- Люфты и силовое замыкание
- Подкладочный «рокла»-редуктор

# Подшипники и шарниры, вращательные и линейные

- Малый люфт и малое трение
- Эквипотенциальность - идея Ральфа Меркле
- Пары трения (коэффициент сила/сила)
- Скольжение или качение?
- Нанотрубка в нанотрубке
- Ролики, шарики, фуллерены и атомы.
- Пружины.
- Силовое замыкание симметричное и асимметричное



# Пружины

- Полимерные зигзагообразные молекулы (растяжение)
- Прямые полимерные молекулы (изгиб, кручение)
- Упругие элементы за счет рядов полостей
- Ван-дер-Ваальсовы и прочие прижимы (упрощение подшипников и направляющих - «наноавтомобили»)
- Активные кулоновские пружины-приводы

# Подвижные контакты

- Гибкие
  - УНТ
  - Проводящие полимеры
- Скользящие
  - Контактные
  - Туннельные
  - УНТ в УНТ: вращение и перемещение
  - Эмиссионные
  - Дискретные
  - Трансформирующие
- Мезоуровневые
  - Контактные
  - Бесконтактные

# Инструменты прямого механосинтеза

- Для направленного перехода нужен градиент пот. энергии: (химия, заряд, спин, стерика, температура, время, сила..)
- Циклически возобновляемый перепад разности энергий притяжения и отталкивания
- Внешний
  - Инструменты Фрайтаса-Меркле
- Внутренний
  - Коаксиальные инструменты
- С помощью других инструментов
- Фазный стохастический подход

# Приемы косвенного механосинтеза

- Хочешь добавить атом или группу - добавь кусок молекулы и оторви (или наоборот).
- Хочешь отнять — оторви и дострой (или наоборот).
- Эти бинарные комбинации можно бесконечно углублять.
- Автоматический иерархический анализ возможностей для поиска маршрутов выполнения заданной операции
- Автопросчет возможных вариантов изменений в выбранной точке объекта
- Для оператора или САМ выглядит просто

# Инструменты и полюса

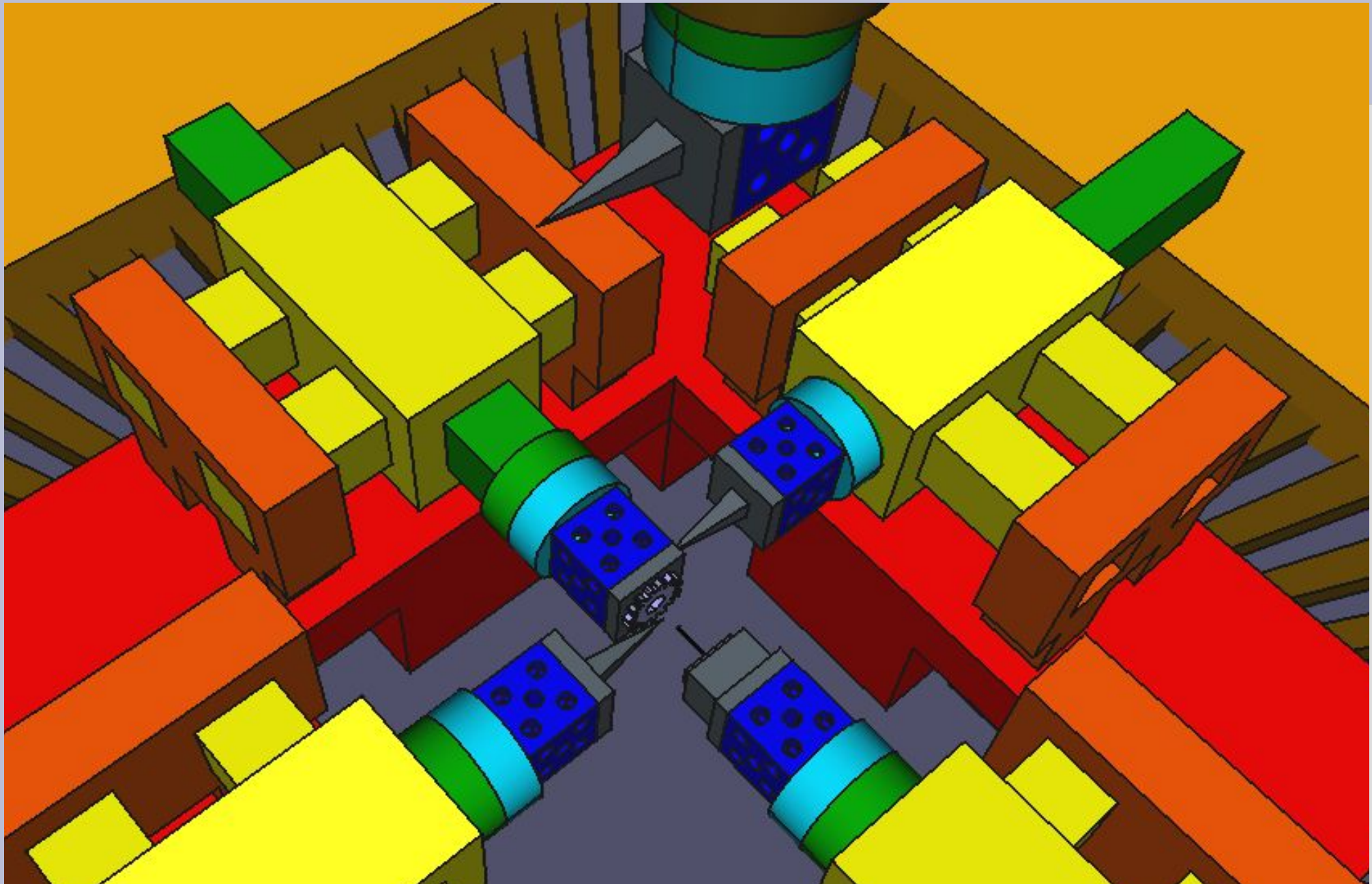
- 0-полюсные
  - Пресс
  - Инструменты Механосинтеза Ф-М
- 1-полюсные
  - СТМ
  - Электросварка
- 2-полюсные
  - АСМ
  - Электроразрушение
  - Емкостный захват
  - Разрушение релизера
- 3-полюсные
  - Прокрутка цепочки и отрыв фрагмента
- 4 и 5-полюсные
  - Высоко-свернутые инструменты



# Хранение и подача сырья

- Кран и подложки
- Одноразовые перезаряжаемые инструменты
- Протонопровод
- Строительные блоки как ответвления или фрагменты транспортного полимера
- Пленки, пластины
- Куски, капли
- Примораживание

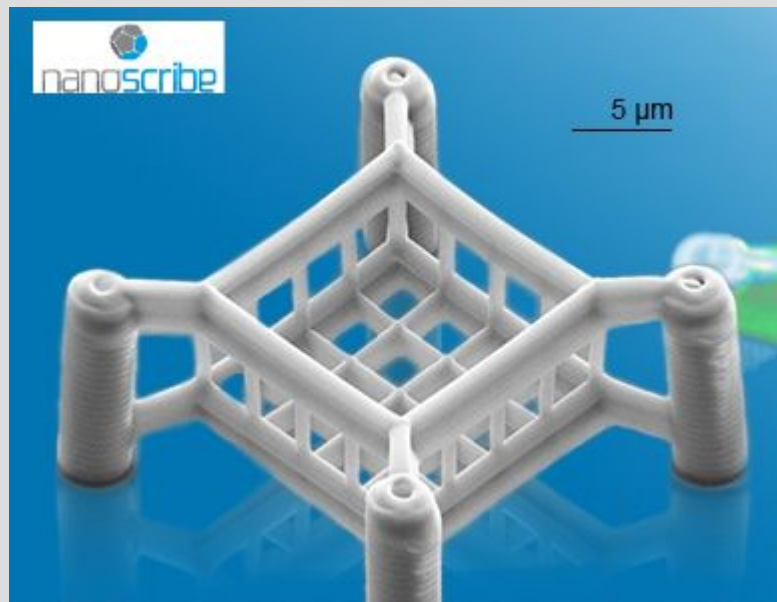
I поколение. Грань куба ~ 10 мкм.



# Методы производства робота I поколения

- Аддитивные
- Субтрактивные
- Модификация
- Покрытия
- ERL, 2PP, CVD

Двухфотонная полимеризация (2PP)	полимеры	100нм	4нм
Лазерное фотовосстановление	Металлы и композиты Ag, Au, Cu; Ag в PVK; Ag в PSS; Au и Cu в PMMA	180нм	20нм
Электрогидродинамическая печать (EHD)	Au, Ag, Cu, Co в полимерной матрице; воск	55нм	10нм
Менисковое электроосаждение	Cu, Pt, Ag	100нм	10нм
Осаждение индуцированное сфокусированным электронным или ионным пучком	Al, Au, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Ge, Ir, Mn, Mo, Ni, Os, Pb, Pd, Pt, Rh, Ru, Si, Sn, Ti, W, Pt-Si, Co-Si, Co-Pt, Fe-Si	10нм	2нм

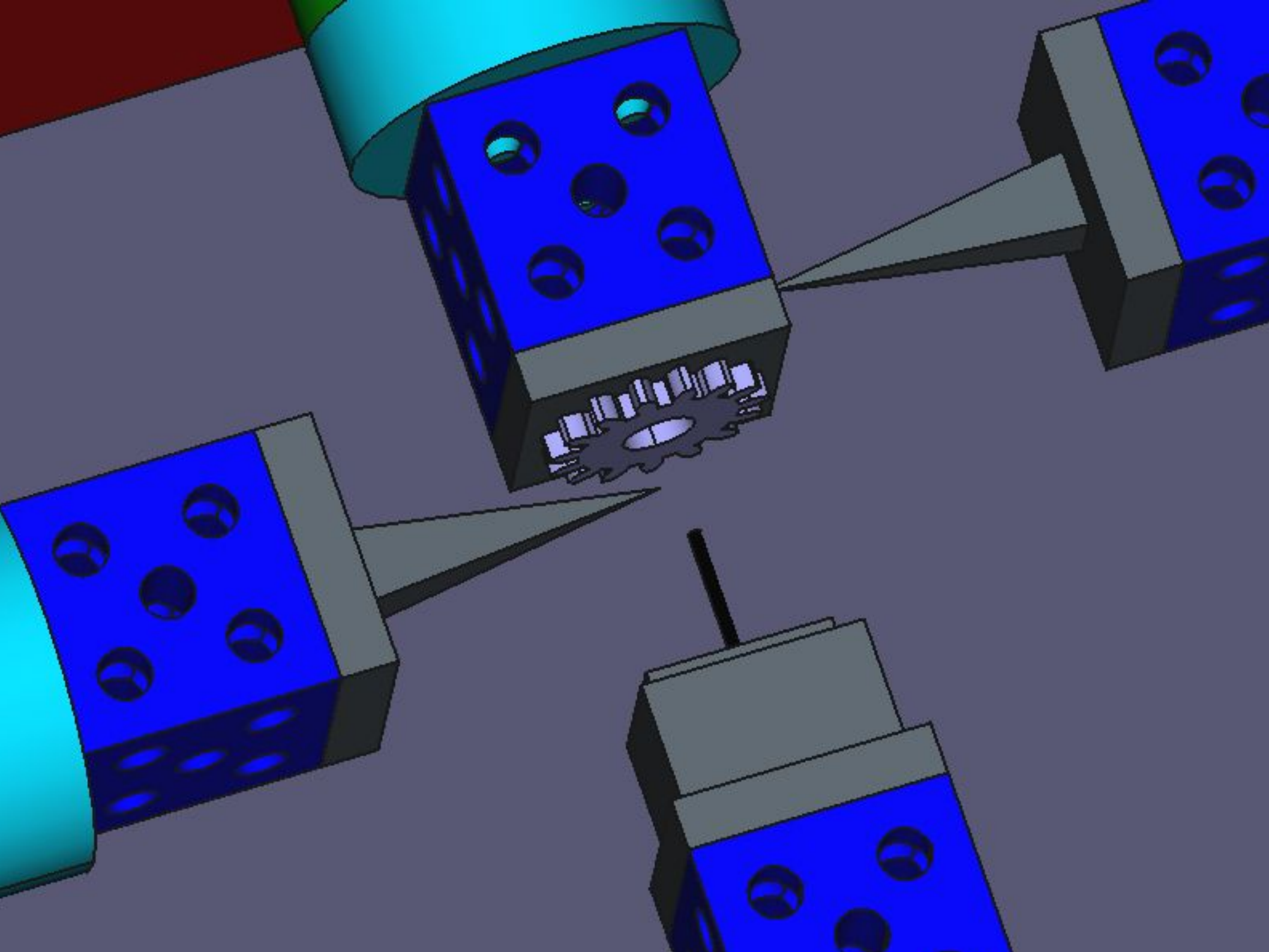


# I поколение - приемы

- Макро-приборы в цепях визуализации и обратной связи (интерферометры, микроскопы)
- Микрофлюидика — склеивание, травление, литье
- Фокусированные пучки электронов, фотонов, ионов
- Фиксированные положения поворотной оси

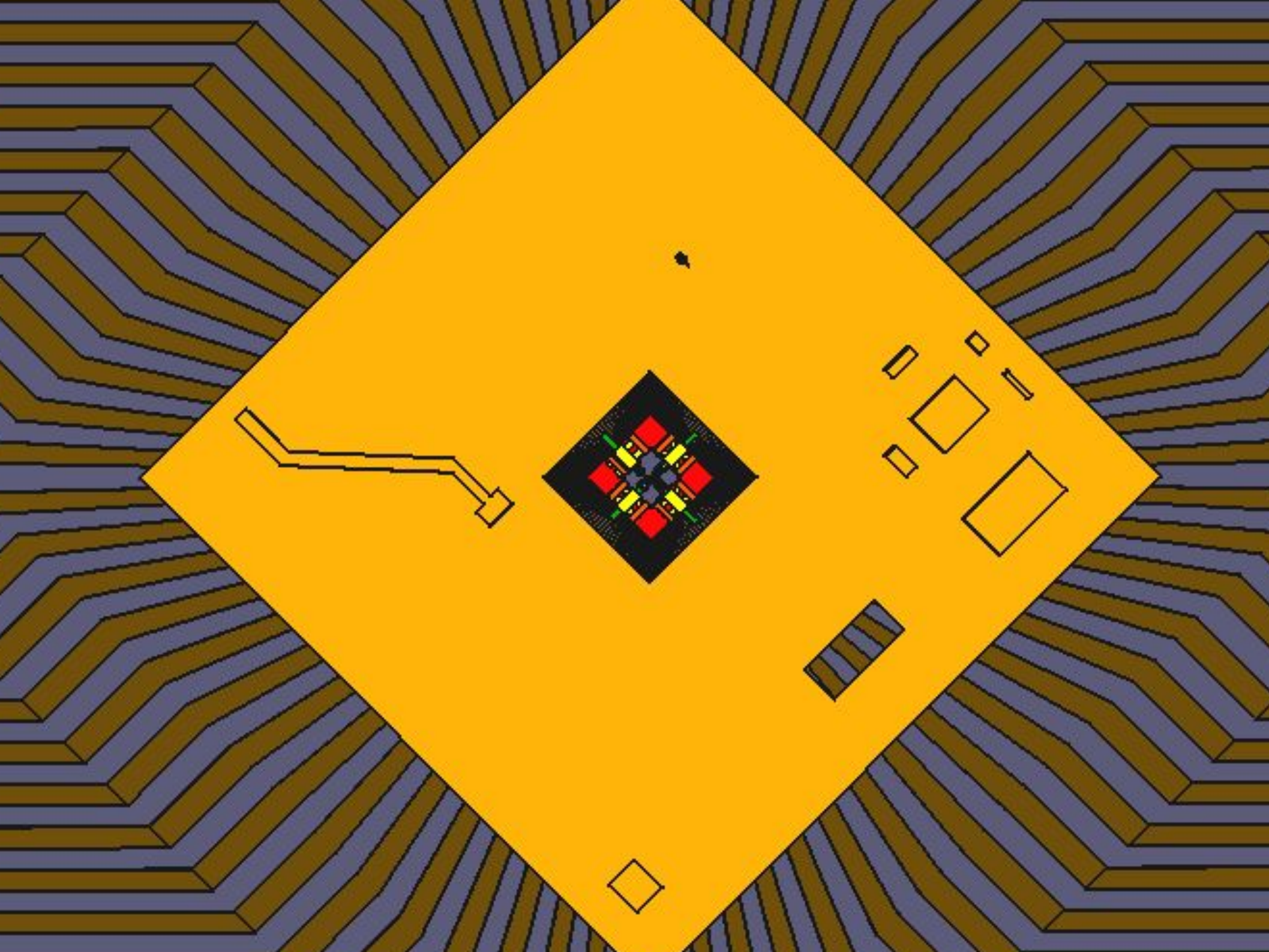
| => ||

- Алмазные пленки и «усы»
- Склады макромолекул и нанотрубок.  
Полимантаны, полиены, полиины, стержни, пластины, диски, крыльчатки — а что бывает? Кто это знает?
- То же касается и реакций оргсинтеза для целенаправленного получения деталей.
- Резка и сварка нанотрубок и графена. Кусачки из фторадамантана?
- Локальная функционализация
- Нанолитье и выборка



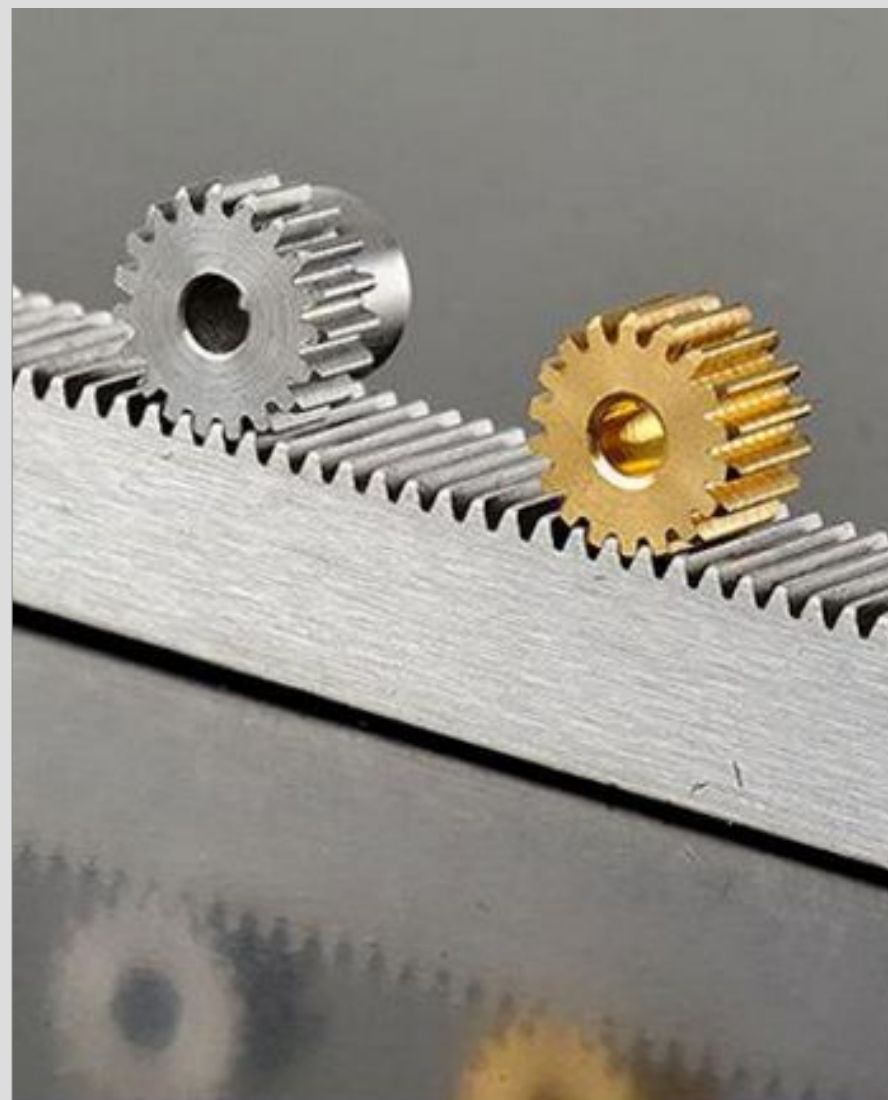
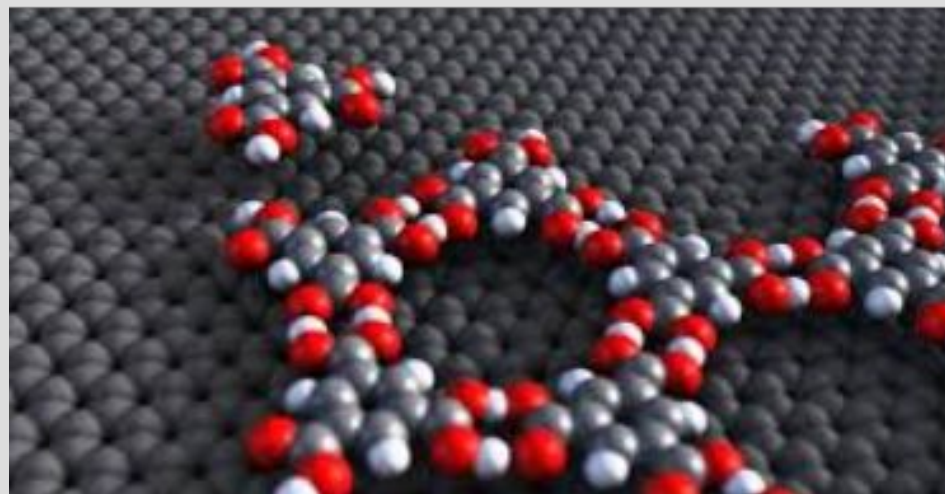
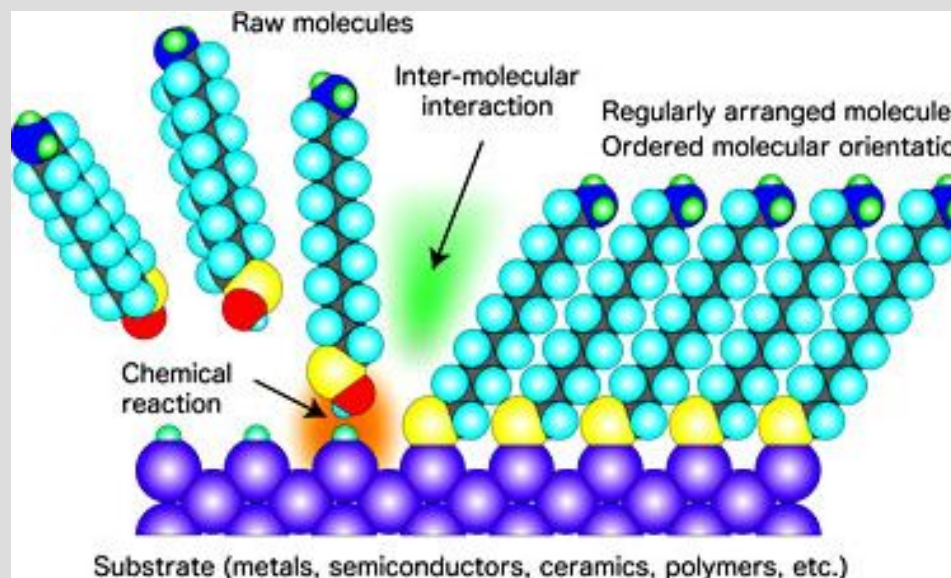
I => II

- Обмен заготовками с макромиром (физ/хим методы).
- Соединение пресованием
- Локальная графитизация алмаза и растворение графита
- Полухаотический синтез/облучение и авто (нейро)отбор компонентов (УНТ).
- Создание и пост-обработка 2D-паттернов на плоскости
- Строить нанообъекты на или в плоскостях а потом соединять собирать эти плоскости с заданным шагом или вплотную.





# I => II синтез частей. Самосборка колес и реек.



## II поколение - приемы

- Многоосевые и электронные многофотонные микроскопы
- УНТ как направляющие
- Фуллерены как шарниры (и шарики?)
- Белки, НК, биомолекулы
- Сверхмедленное проведение реакций для изучения их механизма
- Система контроля внешних источников вибрации и действия в паузах между ними
- Импульсная подача сверхохлаждения, сверхвакуума и тогда действие
- Временные «подпорочные» атомы и фрагменты, потом удаляемые

## III поколение

- Прямой механосинтез нанодеталей
- Сборка подвижных и неподсоединений встроенными защелками в роботах I-II поколения на том же чипе
- Наноконтроллер
- Длинные автоматические цепочки подготовки «умного» сырья
- Мультиассемблер

## III поколение — приемы (софт)

- В ручном режиме возможность скрывать ненужное — сканнеры, перезарядку инструментов.
- Записывать все операции, строить дерево инструментов чтобы любой можно было воспроизвести
- Это дает команду "отмена" и эксперименты по проверке вариантов над одним исходным инструментом
- Команда "копировать" - полностью автоматическое производство благодаря протоколированию шагов
- Анализ собираемости моделей и автопостроение маршрута сборки (граф бифур.)

# III поколение: комбинаторный инкрементальный синтез нанодеталей для IV поколения

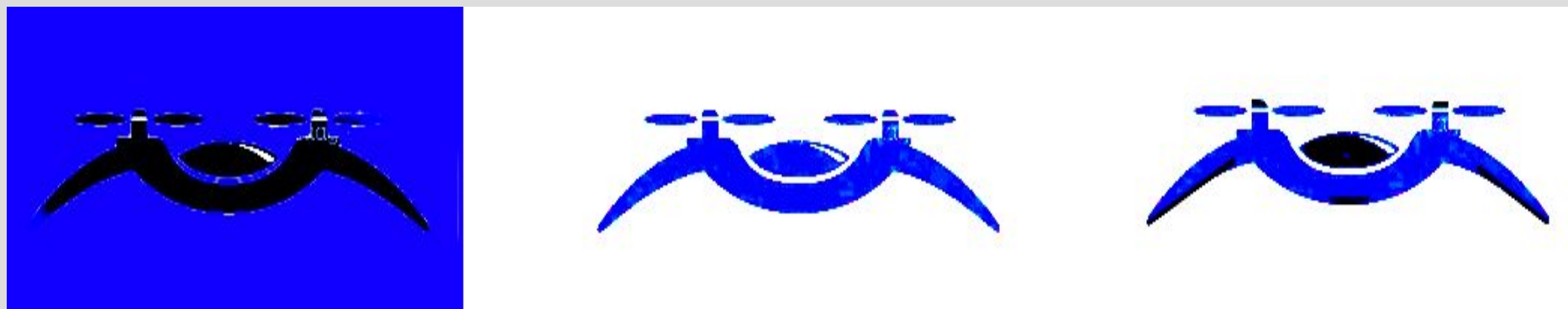
- Постановка задачи
- Генерация вариантов
- Логический отбор
- Виртуальный отбор
- Физический отбор
- Оптимальный результат

# IV поколение: открытая масштабируемая платформа для создания любых устройств

- Клеточная структура
- Ассемблер+дизассемблер =  
всеядность+репликация
- Автономный компьютер, энергоустановка,  
коммуникатор, сенсоры и эффекторы
- Облачный иерархический AI
- Автообновление soft+hard
- Биоморфные алгоритмы репликации и  
апоптоза

# IV поколение: стили использования

- Классическая нанофабрика
- Умная материя
- Гибридные системы



# Требования к IV поколению, обусловлены ключевыми применениями:

- Симбиотический (с нейроинт.) апгрейд живых организмов
- Сфера Дайсона
- Зонды фон Неймана
- Большие параллельные вычисления
- Авто НИОКР и умная эволюция для задач класса термояд, телепорт, нейтрид...



# Возможности финансирования и PR

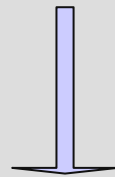
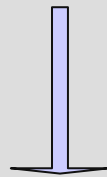
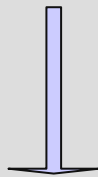
- Продажа установок в целом
- Продажа отдельно ассемблеров каждого поколения
- Первичные продукты поколений
- Услуги синтеза и экспериментов
- Аренда времени роботов
- Продажа макро-роботов-аналогов
- Премии, граты? Foresight Prize?
- Краудфандинг, PR, шоу, реклама?
- NanoCar Race

# Задачи сегодняшнего дня

- Создание интерфейса пользователя: аппаратного и программного обеспечения
- Детальное конструирование опытной установки и ассемблеров I и II
- Детальный пооперационный roadmap 0 => I => II
- Макетирование мезо- и микроуровня 100:1 на FDM и MJM 3D-принтерах
- Обеспечение доступа к технологиям изготовления деталей ассемблера I поколения: ЭЛЛ, 2PP

# Добро пожаловать!

- Каковы сильные и слабые стороны проекта?
- Ваши идеи и предложения?
- Что можете сделать **Вы**?



**openfablab@gmail.com**