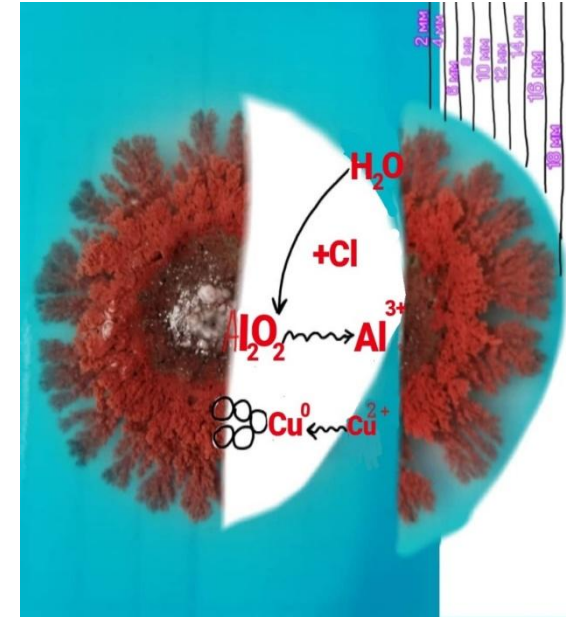


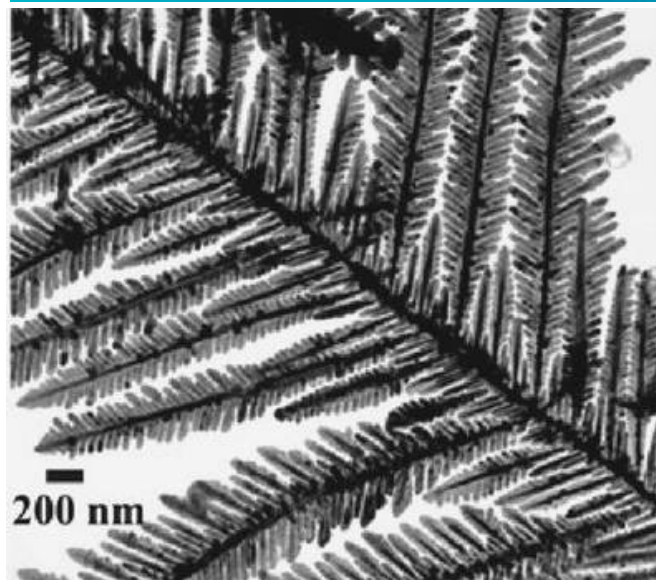


# Дендриты меди – Принцип самоподобия в природе



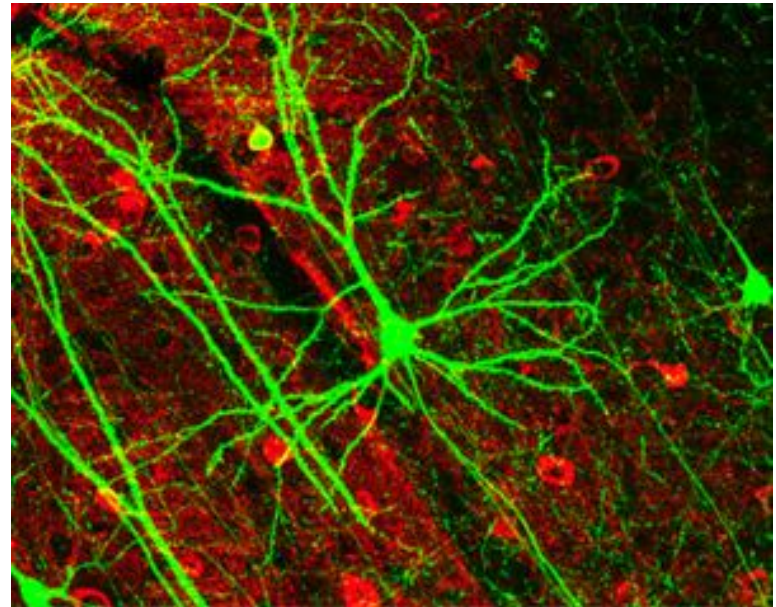
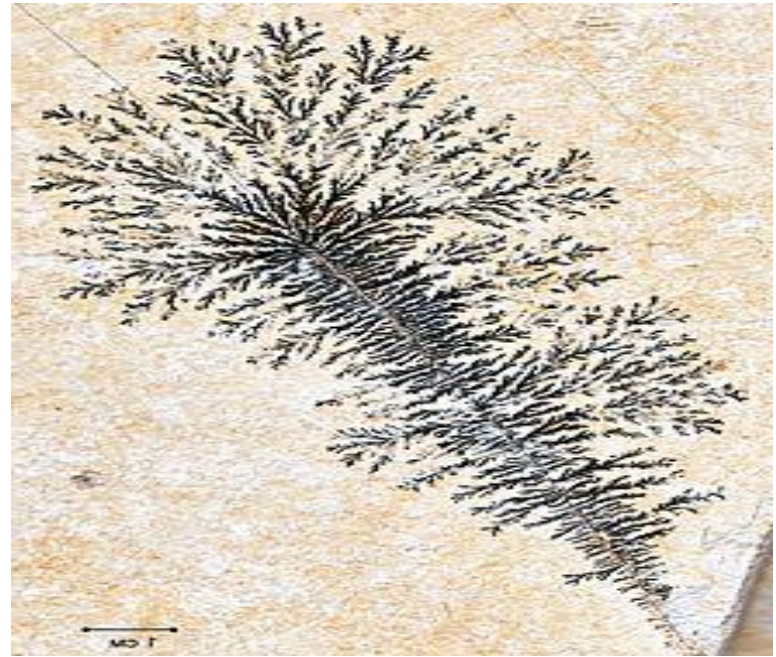
*Чуфицкая Татьяна Александровна, методист  
структурного подразделения  
«Детский технопарк естественнонаучной  
направленности»*

# ЧТО ЭТО ?



<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jp904222b>

# Что общего?



**Дендриты** (от греч. δένδρον — «дерево»):- это сложные кристаллические образования древовидной ветвящейся структуры, представляющие собой пример фрактальных объектов.

**Фрактал** (от лат. Fractus- дроблённый, сломанный, разбитый) – объект, обладающий свойством самоподобия (любая часть объекта в точности или приближённо подобна целому объекту). Пример фракталов – снежинки (фото Бриттал Г.Э.)



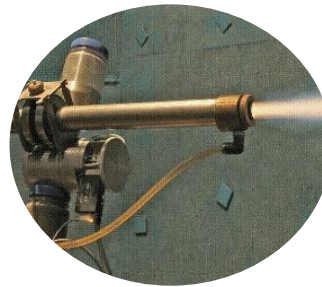
# Применение дендритов меди

Супергидрофобные поверхности, изготовленные с использованием этих дендритов, демонстрируют превосходные способности самоочищения,

<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2016/ra/c5ra22683j#!divAbstract>



**Использование медных дендритов и технологии их выращивания**



В технике -при холодной штамповке и холодном напылении металлов,

фото из общих источников



Как компонент антиобрастающих покрытий на судах и гидротехнических сооружениях ,

фото из общих источников

# Эксперимент

*Цель:*

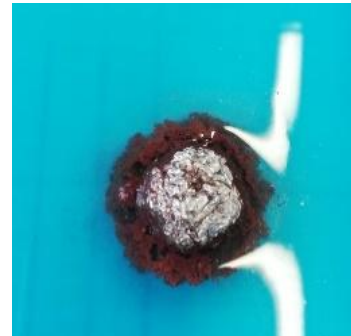
*1) получить мелкие  
красивые*

*«веточки»*

*дендритов меди;*

*2) Провести  
измерения;*

*3) Снять фильм  
роста кристаллов*



## **Вещества, необходимые для проведения опыта:**

- 1) сульфат меди (пентагидрат)  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  (медный купорос),
- 2) хлорид натрия  $\text{NaCl}$  (поваренная соль),
- 3) вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ),
- 4) агар-агар (пищевой загуститель).

## **Оборудование:**

- 1) ёмкость на 400 мл,
- 2) пластиковый контейнер (1-2 шт.),
- 3) весы электронные для взвешивания веществ.

## **Ход работы:**

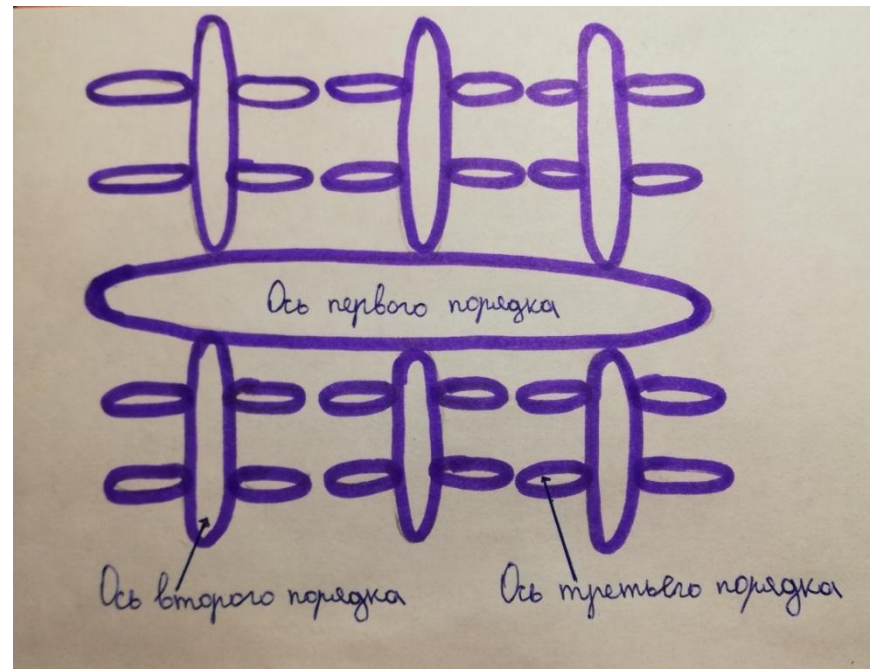
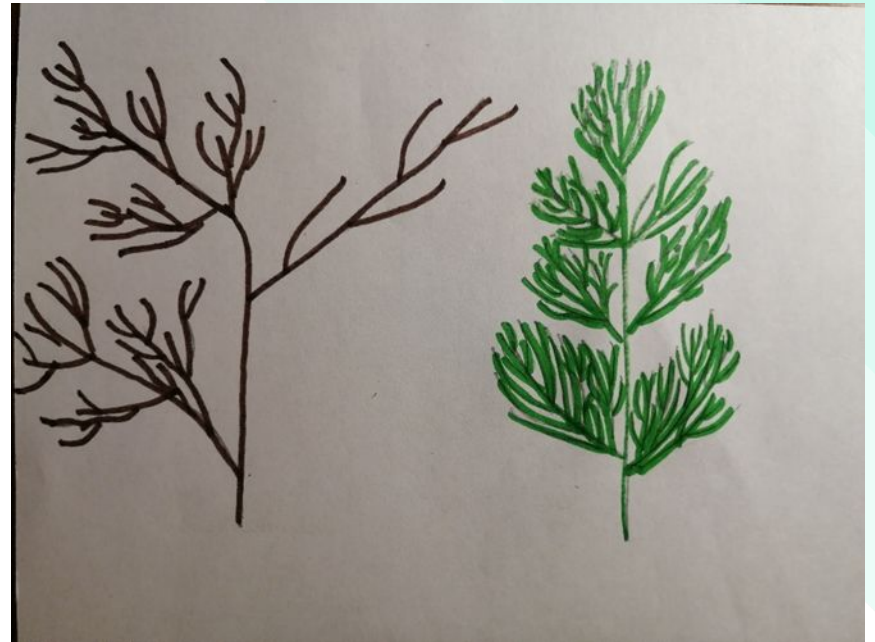
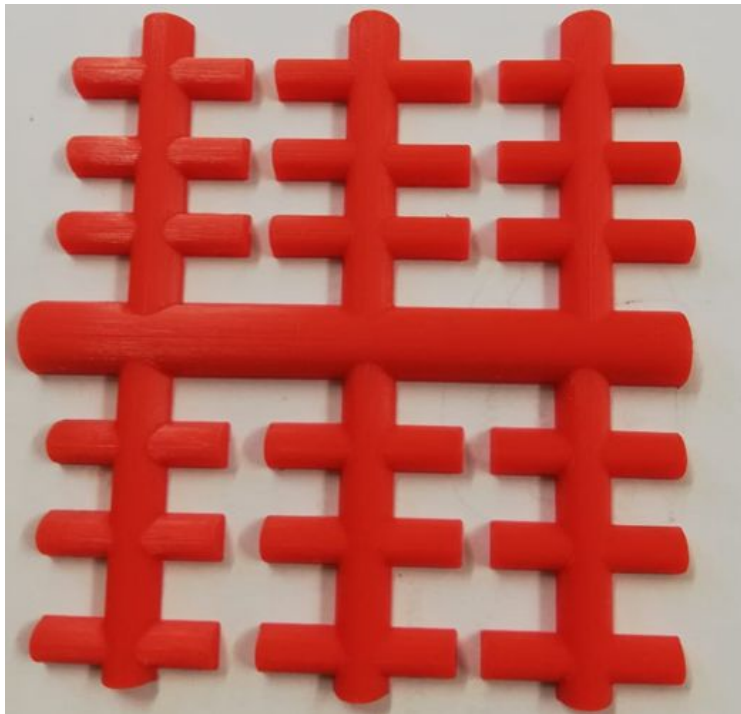
1. Разведите агар-агар в воде по инструкции на пакете или баночке, (рекомендуемая в источнике - 2 г на 100мл воды).
2. Доведите до кипения, постоянно помешивая (варианты - на магнитной мешалке или на плите)
3. Добавьте 15 г сульфата меди и 0,8 г хлорида натрия. Перемешайте.
4. В горячем виде разлейте раствор по ёмкостям, где толщина раствора должна быть 4-5 см

# Наблюдение дендритных структур в природе



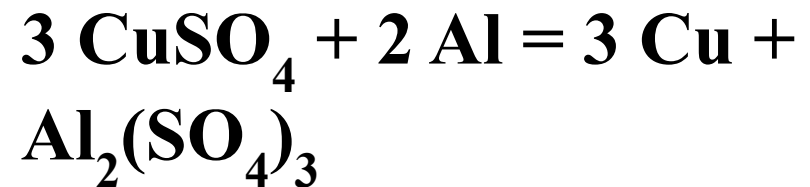
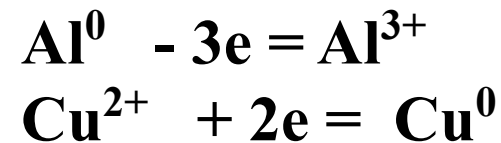
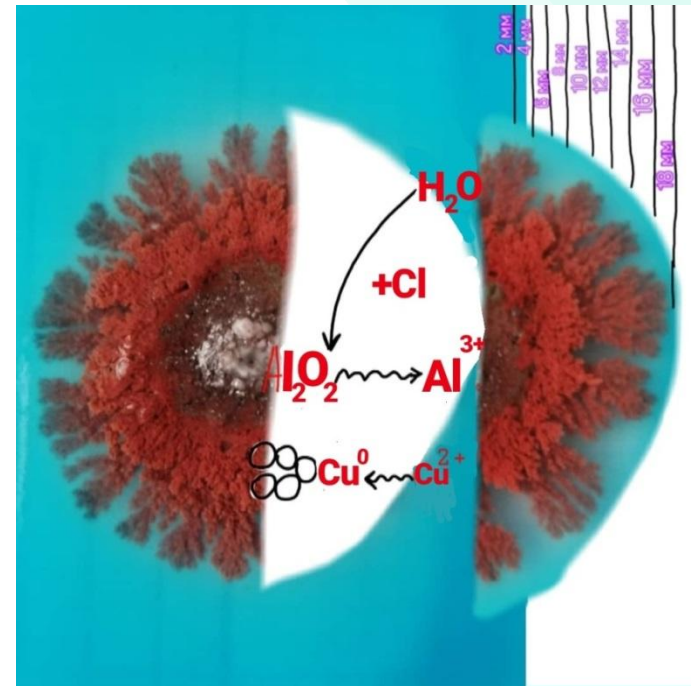


# Модель дендрита



# Методики

Дендриты можно получить в процессе реакции замещения ионов металла и восстановления металлической меди. Способность металла переходить в раствор в виде ионов, а также восстанавливаться из ионов до металла на электроде характеризуется стандартным электродным потенциалом. У алюминия он меньше, чем у меди, поэтому алюминий отдаёт электроны, а медь получает и восстанавливается на границе сред алюминий-медь. На всём дендрите во время восстановления остаётся фиксированный потенциал.

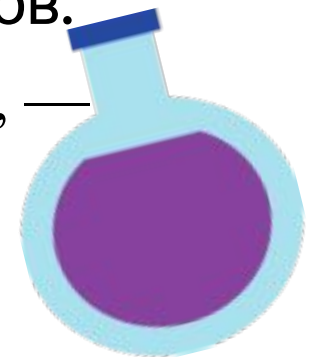


# Результаты

Медь – один из важнейших химических элементов, наночастицы которого в ряде случаев исследователи пытаются использовать вместо более дорогих золота и серебра в различных устройствах. Поэтому достаточно интересно исследовать процессы самопроизвольного формирования наночастиц и их агрегатов, в том числе, самоподобных дендритов, за счет протекания простых окислительно – восстановительных реакций.

Случайный рост кристаллов может привести к формированию красивых фрактальных объектов.

«Изучение и наблюдение природы породило науку», — писал Цицерон в первом столетии до нашей эры.



# Выводы

В процессе данной работы были получены дендриты меди. Они росли в вязком растворе биологического полимера агар-агара в процессе реализации окислительно – восстановительной реакции замещения меди алюминием в солях. В процессе роста дендритов металлический алюминий отдавал электроны и переходил в раствор в виде ионов, ионы меди в виде растворенной соли получали электроны и оседали в виде металла на границе алюминий-медь, способствуя развитию дендрита, пока не заканчивались самые последние крупинки алюминия. Сначала появляются зародыши (наночастицы) меди непосредственно на поверхности фольги, они самоорганизуются в крупные образования - кластеры, а затем возникают красивые фрактальные (подобные кластеру) структуры.

**Ждем ваши результаты (заполненный журнал исследований) выращивания дендритов меди на нашей почте:**

**[tehnopark-enn@tularegion.org](mailto:tehnopark-enn@tularegion.org)**

**А также можете присылать их нам в нашу группу на сайте Вконтакте:**

**<https://vk.com/technoparktula>**