

Нанотехнологии в сфере искусства

А.А. Дроздов, М.Н. Андреев

Методические рекомендации к
образовательному модулю

Москва-2017

Введение

Модуль разработан доцентом кафедры неорганической химии МГУ имени М.В. Ломоносова Дроздовым Андреем Анатольевичем и педагогом Центра Педагогического Мастерства Андреевы Максимом Николаевичем.

Модуль ориентирован на школьников 8 – 11 классов, имеющих устойчивые базовые знания по химии, физике и проявляющими интерес к сфере искусства. Он состоит из трех занятий, продолжительность каждого занятия 2 часа:

1 часть (2 часа). Наведение окраски силикатных стекол, окрашенных наночастицами золота

2 часть (2 часа). Окрашивание поверхности силикатных стекол наночастицами меди и серебра методом ионного обмена

3 часть (2 часа). Знакомство с микрообъектами живой и неживой природы и их имитация в материалах.

Рабочие идеи модуля:

- знакомство школьников, занимающихся искусством, с нанотехнологиями, применяемыми в сфере искусства, искусствоведения;
- самостоятельное создание\изготовление наноматериалов, обладающих в той или иной степени эстетической составляющей;
- знакомство с микрообъектами живой и неживой природы, обладающих эстетической «ценностью».

Модуль направлен на изучение возможностей нанотехнологий в сфере искусства. Тема эта многогранна и может быть осмыслена в самых разных вариантах. Одним из подходов мог бы стать анализ фотографий нанообъектов (нанопроволок, вискеров и т.д.) с эстетической точки зрения. В некоторых течениях модернизма, вдохновленных абстрактным экспрессионизмом Поллока, иначе называемым живописью действия, художественный объект создается энергичным движением художника с кистью вокруг холста (Рис. 1) или иными динамичными методами

(кинетическое искусство). Таким образом, можно говорить об уникальности объекта в силу случайного распределения на плоскости холста или в пространстве отдельных цветных линий и пятен при заданном заранее векторе движения кисти (у Поллака) или мобиля (в кинетическом искусстве). С этой точки зрения, образование кристаллов и двух- и трехмерных нанообъектов также характеризуется неким заранее заданным вектором (под которым мы понимаем термодинамически наиболее выгодные структуры) и рандомным их размещением в пространстве (Рис. 2). Это делает возможным эстетический анализ нанообъектов по их микрофотографиям. Однако такой подход целиком уводит нас от естественно-научного восприятия объектов в сторону чистой эстетики.

В рамках данного модуля мы предлагаем учителю работу как с веществами и материалами, которые учащиеся создают самостоятельно, а также с историческими и художественными объектами, которые они анализируют. Все это предполагает прежде всего экспериментальную работу учащихся, а не абстрактное созерцание.

Образовательные задачи, решаемые посредством данного модуля, предполагают

- 1) углубление знаний в области неорганических веществ, наноматериалов, нанотехнологий
- 2) знакомство с историческими и художественными объектами, в том числе их изучение посредством доступных методов
- 3) освоение комплексного анализа исторического или художественного объекта, совмещающего в себе естественно-научный, исторический и художественный взгляды
- 4) приобретение навыков экспериментальной работы в лаборатории
- 5) развитие навыков коллективной работы
- 6) эстетическое воспитание учащихся



Рис. 1. Джексон Поллок. Номер 8 (фрагмент), 1949 г. Музей искусств Перчейз-колледжа в Нью-Йорке

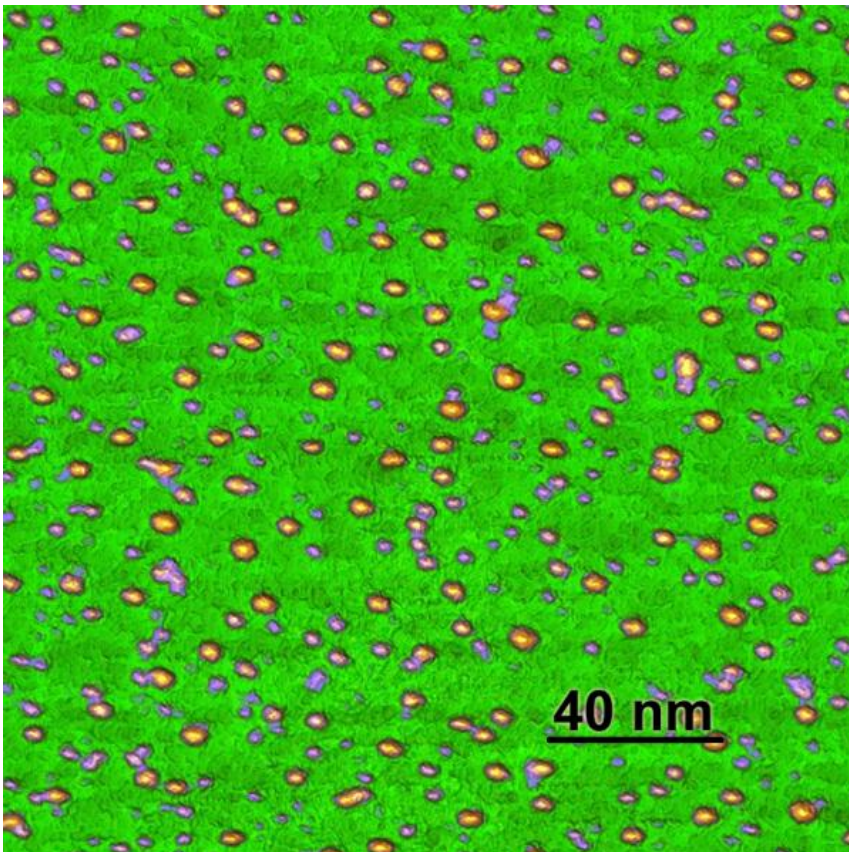


Рис. 2. Быков Андрей Андреевич, Лисов Евгений Валерьевич. Рельеф наночастиц коллоидного серебра на поверхности слюды. сканирующий зондовый микроскоп модели "Open" производства НТ-МДТ, Зеленоград. Размер поля сканирования: 200x200 нм.

http://www.nanometer.ru/2016/05/11/14629820676365_521760.html

Комментарии к видам работ

1 часть. Синтез силикатных стекол, окрашенных наночастицами золота (2 часа)

В первой части модуля учащиеся узнают о процессе варки стекол и их окрашивании ионными и коллоидными красителями, познакомятся с фотоматериалами, иллюстрирующими многообразие окрасок стекол. С этой целью, учителю, планирующему проведение данной работы, следует заранее подобрать видеоряд из доступных ему объектов художественного стекла, имеющих ту или иную характерную окраску.

Окраска стекол может быть вызвана как ионами переходных металлов, так и отдельными частицами размером от 20 до 100 нм. Дальнейшее укрупнение размера частиц вводит к преобладанию рассеяния света, что приводит к потере прозрачности. Наиболее известный ионный краситель – кобальт(+2). Введение в шихту силикатного стекла небольшого количества оксида кобальта приводит к появлению интенсивно-синей окраски. Ее возникновение связано с электронным переходом между d-орбиталями иона кобальта. Более слабый ионный краситель – медь(+2). В зависимости от состава стекла его окраска может меняться от голубой до бирюзовой и даже зеленой. Обычное бутылочное стекло содержит в качестве примеси ионы железа. Ион железа(+2) придает стеклу бледную голубовато-зеленоватую окраску, знакомую нам по соли Мора, а ион железа(+3) окрашивает стекло в желтоватый цвет. Стекла, содержащие железо сразу в двух степенях окисления, имеют грязно-зеленую окраску (некоторые сорта бутылочного стекла). Интересно, что при наличии в стекле железа в двух степенях окисления (и соблюдении некоторых других условий) между ними может происходить интервалентный перенос заряда, что приводит к появлению синей окраски, подобно берлинской лазури. А вот соседство в стекле иона железа(+3) с серой (-2) приводит к переносу заряда от серы к железу, что

вызывает интенсивную коричневую окраску. Именно это и используют при варке стекол для затемненной тарной посуды (бутылки, медицинские склянки). Типичный ионный краситель – хром. Стекло, окрашенное хромом(+3) имеет ярко-зеленую окраску, которая при варке в окислительной среде становится желтой за счет окисления хрома до хромата. Марганец придает стеклам фиолетовую окраску, в никель – желтую.

Природа не создала удобного ионного красителя для окраски стекла в красный цвет. Рубиновые стекла содержат наночастицы металлов или полупроводников. Известны золотой, медный, селеновый и сурьмяный рубины. Уже в втором тысячелетии до н.э. были получены глушеные стекла, содержащие наночастицы меди и оксида меди(+1) – аналог стекла медный рубин. Стекло золотой рубин известно нам по кубку Ликурга IV в н.э. и по мозаичным смальтам IV – VIII вв. Считается, что заново рецепт золотого рубина был открыт алхимиком Кункелем в Потсдаме в XVII в. В России золотой рубин впервые сделал великий русский химик М.В. Ломоносов. Рецепт селенового рубина был разработан в 1920-е гг в СССР и США.

Более подробно данный материал представлен на лекции, прочитанной автором концепции в Образовательном Центре Сириус в октябре 2016 г (https://sochisirius.ru/video_lectures/9).



Рис. 3. Изделия из цветного стекла (1, 2 – стекло, окрашенное железом, 3 – золотой рубин, 4, 5 – селеновый рубин)



Рис. 4. Кубок Ликурга (IV н.э., Британский музей) в отраженном и проходящем свете

Отдельно следует рассказать о глушеных (смальтовых) стеклах, об эмалях, используемых в ювелирном деле, о красках на фарфоре и фаянсе, которые также представляют собой стекла. Глушеные стекла содержат в себе кристаллические или аморфные частицы (в том числе и наночастицы), диспергированные в стеклофазе. Глушение могут вызывать также мельчайшие капельки стекла другого состава, распределенные в матрице стеклофазы (результат ликвации в жидком состоянии) или мельчайшие пузырьки газа. Эмали представляют собой легкоплавкие стекла с высокой вязкостью, которые при нанесении на поверхность стекла, керамики, металла образуют слой, выступающий над поверхностью. В этом эмали и эмалевые краски отличаются от глазурей и муфельных красок для фарфора и фаянса, которые при муфельном обжиге распределяются по поверхности тонким слоем.

Отдельно следует рассказать учащимся о наночастицах металлов и путях их стабилизации. Такая стабилизация возможна в растворах, расплавах и в стеклах. Благодаря высокому сродству атомов золота к сере, для стабилизации золей золота часто используют органические вещества с сульфгидрильными группами.

Для проведения опыта по получению золя золота первоначально требуется приготовить раствор золотохлористоводородной кислоты.

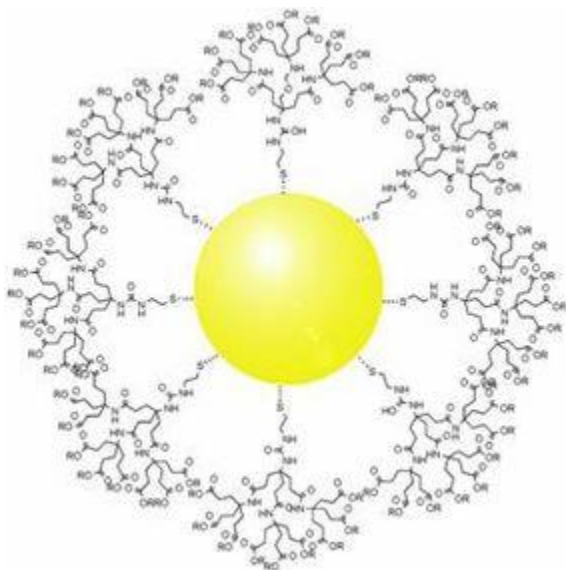


Рис. 5. Наночастица золота, стабилизированная органическими молекулами с сульфгидрильными группами

Приготовление раствора золотохлористоводородной кислоты

Для это в мерную колбу на 50 мл из темного стекла помещают 100 мг золотой фольги и прикапывают к ней 1 мл концентрированной соляной и 10 капель концентрированной азотной кислоты. Чтобы ускорить реакцию, колбу помещают в стакан с горячей водой. После того, как все золото растворится, колбу охлаждают до комнатной температуры и доливают дистиллированной воды до метки. Колбу закрывают пробкой и переворачивают несколько раз вверх дном, удерживая пробку пальцем для перемешивания раствора. Приготовленный раствор хранят в сейфе в колбе из темного стекла.

Опыт по получению золя золота восстановлением этанолом учащиеся проводят под руководством учителя.

Получение коллоидного раствора золота восстановлением золота этиловым спиртом.

В колбе на 50 мл смешивают 1 мл приготовленного раствора золотохлористоводородной кислоты, 12 мл дистиллированной воды и 20 мл этилового спирта. Этот раствор постепенно, по каплям, приливают в колбу на 250 мл с 150 мл кипящей дистиллированной воды. Образуется коллоидный раствор золота, имеющий цвет от розового до вишнево-красного. При осторожном добавлении к кипящему коллоидному раствору еще нескольких миллилитров раствора золотохлористоводородной кислоты, но уже без добавления спирта, раствор изменяет свою окраску от красной к фиолетовой и синей вследствие укрупнения наночастиц. При добавлении большого количества золотохлористоводородной кислоты (20—30 мл) коллоидный раствор становится желто-зеленым.

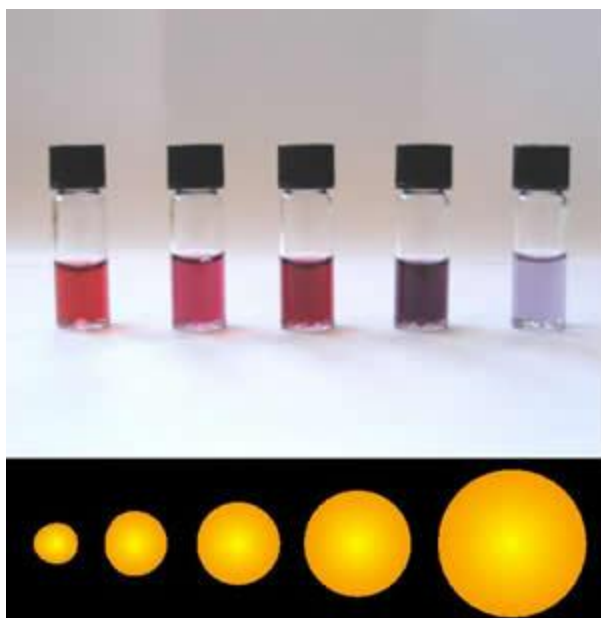


Рис. 6. Зависимость окраски коллоидного раствора золота от размера наночастиц

Далее, учащиеся изучат коллекцию различных стекол и эмалей, а также изделий из фарфора, фаянса, керамики. При помощи оптического микроскопа учащиеся рассмотрят стекловидные эмали и краски на предметах исторического и современного фарфора, придумают критерии сравнения материалов. Учащиеся ознакомятся с микрофотографиями наночастиц золота, полученными на просвечивающем электронном микроскопе.

В качестве демонстрации преподаватель использует как имеющиеся образцы стекла золотой рубин, так и образцы, полученные им в классе-лаборатории. Предполагается, что учащиеся могут рассмотреть как имеющиеся (ранее полученные) образцы стекла, так и принять участие в какой-то из стадий его производства (например, приготовление шихты).

Ниже приведена дорожная карта мероприятия из расчета на 2 преподавателей, 1 лаборанта и группу школьников 20 человек. Общее время на выполнение этапа 90 мин.

Таблица 1. Дорожная карта первой части модуля

№ э	Время, мин	Действия учителя	Действия учащихся
1	5 мин	Знакомство с аудиторией. Представление целей и задач, демонстрация изделий из стекла, имеющих различную окраску	Погружение в материал, составление конспекта, в котором перечислены демонстрируемые объекты с указанием важнейших красителей
2	15 мин	Рассказ о наночастицах благородных металлах и возможностях по их стабилизации в	Погружение в материал, составление плана опыта по приготовлению золя золота

		различных средах. Знакомство с методикой получения золя золота. Разделение школьников на группы	
3	20 мин	Проведение опыта по получению золя золота. Опыт проводят школьники в группах из 4 – 5 человек под руководством преподавателя	Школьники проводят опыт, полученные золи золота школьники фотографируют
4	5 мин	Подведение итогов опыта	Школьники сравнивают результаты опытов в группах
5	10 мин	Учитель рассказывает об окрашивании стекол наночастицами металлов объясняет возникновение окраски в результате поглощения света определенной длиной волны поверхностными плазмонами. Учитель демонстрирует школьникам образцы стекол, а также эмалей и красок	Погружение в материал, составление краткого конспекта, изучение цветового круга.
6	15 мин	Учитель демонстрирует	Школьники работают в

		школьникам правила пользования оптическим микроскопом. Он разделяет школьников на группы, каждой группе выдает по 1 – 2 объекта.	группах. Каждая группа рассматривает по 1 – 2 объекта в микроскоп, по возможности получает микрофотографии поверхности
7	5 мин	Учитель рассказывает школьникам о получении золотой рубин	Школьники записывают в тетради основные этапы получения стекла.
8	10 мин	Учитель демонстрирует школьникам правила подготовки шихты, записывает на доске состав шихты.	Учащиеся разбиваются на группы, каждая из которых отвешивает и перетирает одно из веществ, составляющих шихту. Затем вся шихта объединяется и перемешивается.
9	5 мин	Подведение итогов работы	Учащиеся делают выводы о методах получения наночастиц золота и стабилизации их в стеклах. Приводят примеры художественных изделий, выполненных их стекла золотой рубин

Приводимый расчет приведен в расчете на 1 тигель объемом 150 – 200

мл.



Рис. 7. Лабораторная электропечь для варки стекол

При выполнении модуля учащиеся не имеют возможности провести варку стекла «золотой рубин» в высокотемпературной электропечи (рис. 7). Они получают от преподавателя образцы готовых стекол. Однако обсудить сам процесс варки стекла в ходе модуля желательно. Для этого ниже приведена методика варки стекла «золотой рубин».

Методика варки стекла золотой рубин в лабораторной электропечи

В тигель помещают шихту, приготовленную из тщательно перетерных в порошок кварцевого песка (54 г), борной кислоты (7,1 г), свинцового сурика (25,6 г), безводной соды (5,15 г), нитрата калия (9,0 г), поташа (13,5 г), оксида сурьмы (0,5 г), оксида олова (0,9 г). В приготовленную тщательно перетертую и перемешанную шихту добавляют 10 мг золота в виде раствора золотохлористоводородной кислоты (5 мл или 5 г раствора). Тигель с шихтой помещают в электропечь, которой задан следующий режим: (1) нагрев до 1500 градусов в течение 5 часов, варка при 1500 градусов в течение 5 часов.

В конце последнего часа оператор открывает горячую песь и выливает стекло из тигля на металлическую пластину. Полученное стекло он быстро переносит на алундовую подставку, которую помещает в песь для отжига при 450 градусах. В печи для отжига образец находится 30 минут.

После этого стекло вынимают из печи, при помощи стеклореза разделяют на отдельные части и помещают их в печь для наведения окраски. Наведение окраски заключается в образовании и росте наночастиц золота. Размер наночастиц, а следовательно и окраска стекла, определяются длительностью отжига и его температурой. Примеры стекол, отожженных при разной температуре, приведены на рисунке. Дополнительные сведения о рубиновом стекле и процессах, происходящих при варке и наведении окраски, изложены в отдельном разделе пособия. Чтобы учащиеся не поранились об острые края стекол, их надо предварительно обработать наждачной бумагой или напильником.

За время модуля учащиеся наблюдают за ходом наведения окраски выданным их образцов стекла «золотой рубин». Для этих целей используется высокосвинцовое стекло, в котором процесс наводки происходит быстро и при сравнительно низкой температуре. Образцы стекла помещают в лабораторную муфельную печь (рис. 8, 9) при температуре 550 - 580°C на все время занятия. В конце занятия их вынимают и демонстрируют учащимся. Возможно поочередное извлечение образцов из печи с интервалом в 15 минут. Это позволит наблюдать усиление интенсивности окраски с увеличением времени выдержки (рис. 10).



Рис. 8. Муфельная печь для наведения окраски стекол

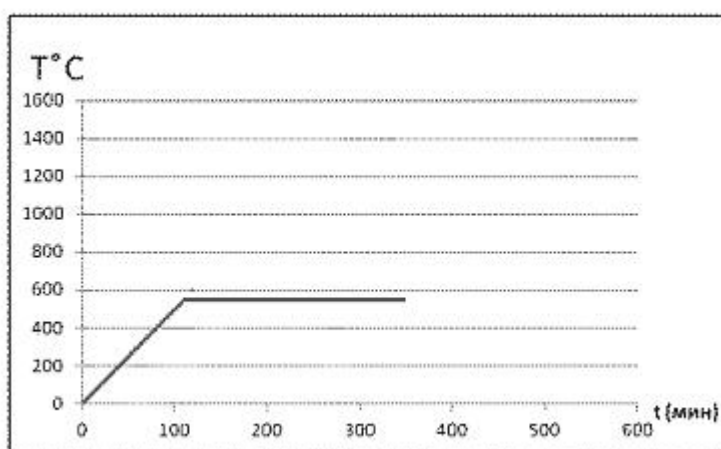


Рис.9. Режим наведения окраски стекла «золотой рубин» в электропечи

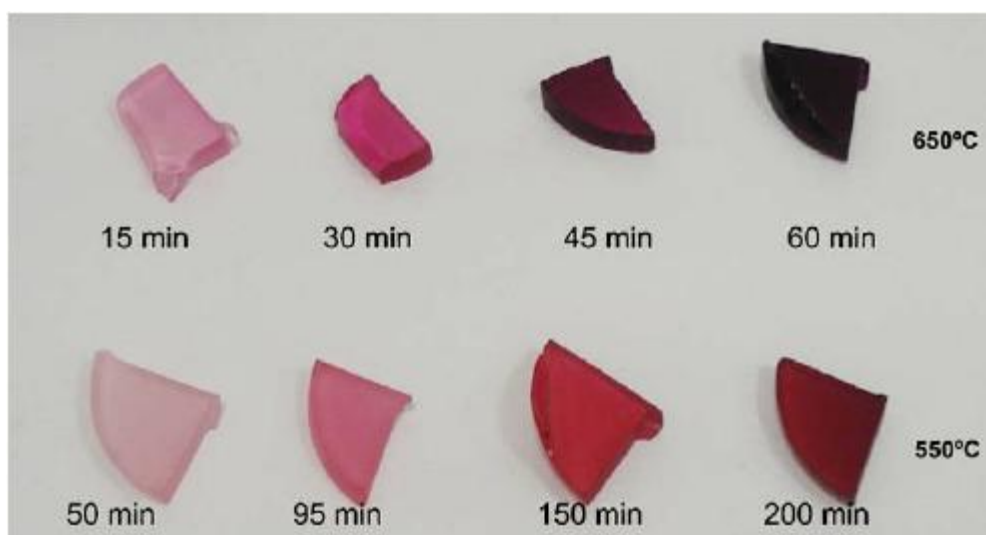


Рис. 10. Образцы стекла золотой рубин, наведенные при различной температуре

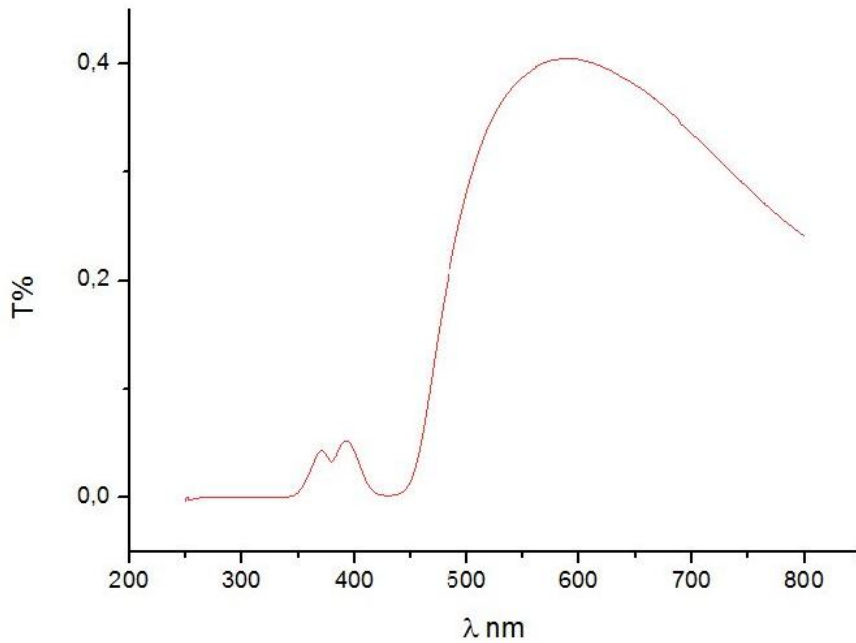


Рис. 11. Спектр поглощения в видимой области и ближнем УФ стекла золотой рубин. Широкая полоса с максимумом при 580 нм отвечает плазмонному резонансу наночастиц золота, а пики при 350 – 400 нм соответствуют переходам в ионе Pb^{2+} и переносу заряда.

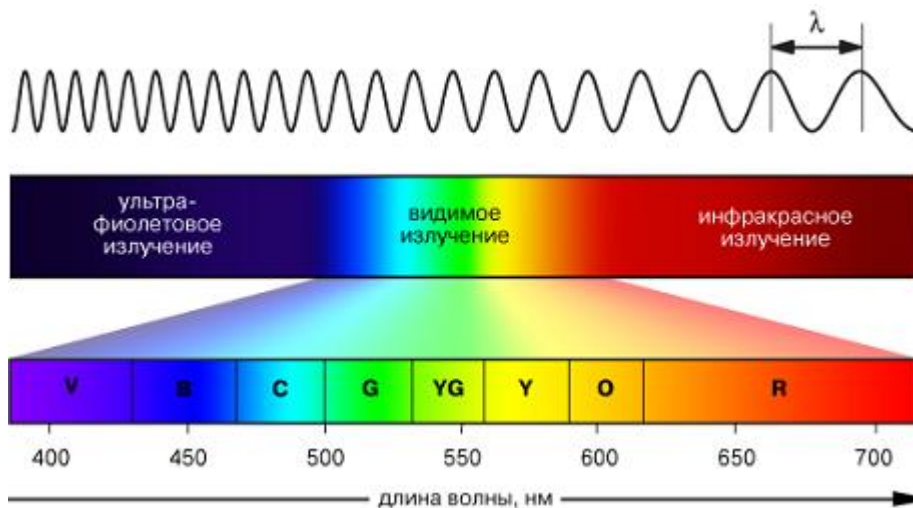


Рис. 12. Видимый спектр. Длина волны поглощенного света соответствует цвету, который вырезается из сплошного спектра (белый цвет). Наш глаз воспринимает окраску, дополнительную поглощенному свету.

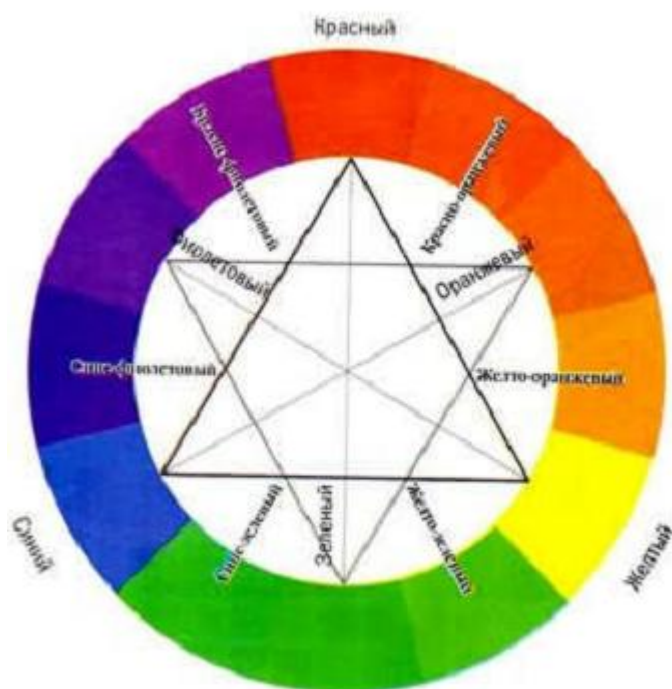


Рис. 13. Цветовой круг. Дополнительные цвета расположены на противоположных сторонах круга. Их соединяет прямая, проходящая через центр круга.

Оборудование: муфельная электропечь (до 800 град) для наведения окраски стекол, оптический микроскоп, защитная маска (сварщика), перчатки-краги, пластинки из алунда и алундовые тигли, оптические микроскопы, 5 колб на 50 мл конических плоскодонных, 5 пипеток, 5 колб на 250 мл конических плоскодонных, 5 электроплиток, 5 стеклянных палочек, 5 шпателей, 5 мензурок, 6 фарфоровых ступок и 5 ступок из агата, 2 мерные колбы из темного стекла, весы с точностью 0,01 г – 5 штук.

Расходные материалы: золото (1 г), этиловый спирт (100 мл), соляная кислота (10 мл), азотная кислота (10 мл), кварцевый песок, тигель из алунда, карбонат натрия, карбонат калия, борная кислота, оксид свинца (II, IV), наждачная бумага, напильник, фрагментированные предметы из стекла и фарфора с росписью силикатными красками (желательно, исторические), образцы стекла «золотой рубин» до наведения окраски.

Технологическая карта первой части модуля

Выполняя данный модуль, вы

- 1) приобретете навыки в экспериментальной работе с веществами,
 - 2) узнаете о наночастицах благородных металлов – способах их получения, свойствах, окраске, которую они придают различным материалам
 - 3) сможете оценить эстетическую ценность художественных объектов, содержащих наночастицы
 - 4) обсудите с преподавателем процесс варки стекла золотой рубин
 - 5) самостоятельно проведете наведение окраски стекла «золотой рубин»
1. Опишите представленные Вам на изделия из стекла и укажите красители, используемые для придания им характерного цвета. Помните, что ионы Cu^{2+} окрашивают многие стекла в голубой цвет, ионы Co^{2+} - в интенсивно-синий, ионы Cr^{3+} в зеленый, ионы Fe^{2+} в бирюзовый, ионы Mn^{3+} в фиолетовый. Коричневое бутылочное стекло содержит ионы Fe^{3+} и сульфидные группировки. В какой цвет бывают окрашены стекла, содержащие наночастицы золота?
 2. Слушая рассказ преподавателя, составьте план выполнения эксперимента по приготовлению золь золота. Ознакомьтесь с методикой проведения опыта
 3. Под руководством преподавателя проведите опыт по приготовлению золь золота в группе из 4 – 5 человек. Следуйте составленному Вами плану и руководствуйтесь методикой. Сфотографируйте полученный золь и сдайте его преподавателю.
 4. Сравните полученный вами золь с результатом работы других групп. Обменяйтесь фотографиями золь.
 5. Прослушайте рассказ учителя о стеклах, окрашенных наночастицами металлов. Рассмотрите выданные вам образцы

стекол, сделайте их фотографии, опишите в лабораторном журнале, не забудьте отметить их окраску.

6. В группе с другими учащимися рассмотрите выданные вам объекты под микроскопом. Кратко опишите наблюдения в лабораторном журнале.
7. Прослушайте рассказ преподавателя о получении стекла золотой рубин. Представьте в лабораторном журнале в виде схемы важнейшие этапы получения этого стекла.
8. Поместитет в муфельную печь выданный вам образец стекла «золотой рубин» и проведите наведение окраски.
9. Сделайте вывод о методах получения наночастиц золота и стабилизации их в стеклах. Приведите примеры художественных изделий, выполненных их стекла золотой рубин. Определите окраску стекла золотой рубин, спектр поглощения которого приведен на рис. 11. При ответе на вопрос используйте рис. 12 и рис. 13.

2 часть. Окрашивание поверхности силикатных стекол наночастицами меди и серебра методом ионного обмена (2 часа)

Протравами в стеклоделии называют тонкие прозрачные стекловидные покрытия, которые образуются на поверхности стекла в процессе дополнительной термообработки. В основу протравного окрашивания положен принцип ионного обмена. Процесс образования протравы можно условно разделить на 5 стадий:

- 1) диффузия ионов металла (Cu^+ , Ag^+) в протравной пасте к поверхности стекла,
- 2) ионный обмен между ионами натрия и калия в стекле и ионами меди и серебра в протравной пасте
- 3) диффузия ионов меди и серебра вглубь слоя стекла

4) восстановление ионов меди и серебра

5) нуклеация и рост наночастиц

Глубина протравы составляет 30 – 40 мкм.

Наиболее часто делают медную и серебряную протраву. Наиболее просто получить желтую протраву с использованием серебра. Медная протрава (красного цвета) образуется при обжиге в восстановительной среде.

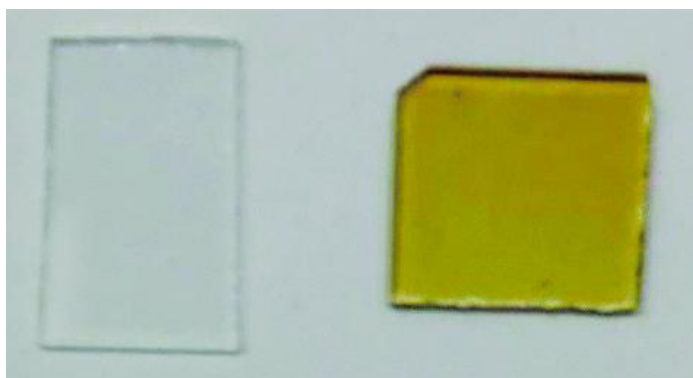


Рис. 14. Стекло до нанесения протравы и стекло с серебряной протравой

В данной части модуля учащиеся познакомятся с принципом ионного обмена, с процессом протравного окрашивания стекол при помощи серебра. Они самостоятельно приготовят серебряную протраву и нанесут ее на поверхность стекла, сделают предположение о возможных методах исследования полученных объектов. При помощи оптического микроскопа учащиеся изучат строение и определяют глубину протравы. Учащиеся ознакомятся с микрофотографиями наночастиц золота и серебра, полученными на просвечивающем электронном микроскопе. Помимо этого, школьникам будут продемонстрированы фотографии стекол с протравным окрашиванием (в том числе средневековых витражей), а также выданы для изучения объекты художественного стекла, украшенные протравой.



Рис. 15. Средневековый витраж. Красный цвет стеклу придает медная протрава.

Методика получения коллоидного серебра.

Налейте в пробирку 5 мл 0,001 М раствора AgNO_3 и добавьте 2—3 капли 0,1 %-ного свежеприготовленного раствора таннина и 1—2 капли 1 %-ного раствора едкого натра. Пробирку нагрейте и наблюдайте окрашивание раствора вследствие образования коллоидных частиц серебра в результате восстановления ионов серебра таннином.

Методика нанесения серебряной протравы

Для нанесения протравы готовят смесь нитрата серебра (2 г) и оксида железа (2 г). Смесь тщательно измельчают в фарфоровой ступке, аккуратно добавляют несколько капель воды до состояния кашицы. При помощи кисти протраву равномерно наносят на поверхность стекла, распределяя ее равномерным слоем. Стекло помещают в муфельную печь, которую нагревают до 600 градусов. Температурный профиль приведен на рис. 16. Изделие вынимают из остывшей печи и промывают водой.

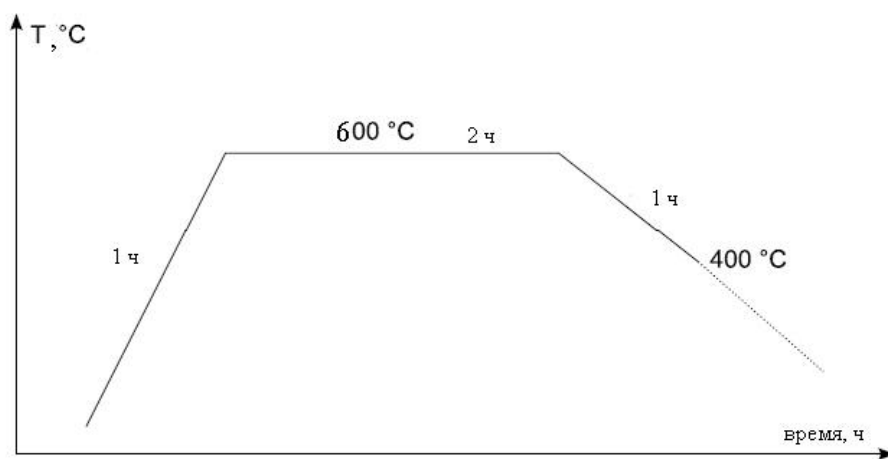


Рис. 16. Температурный профиль печи при нанесении серебряной протравы

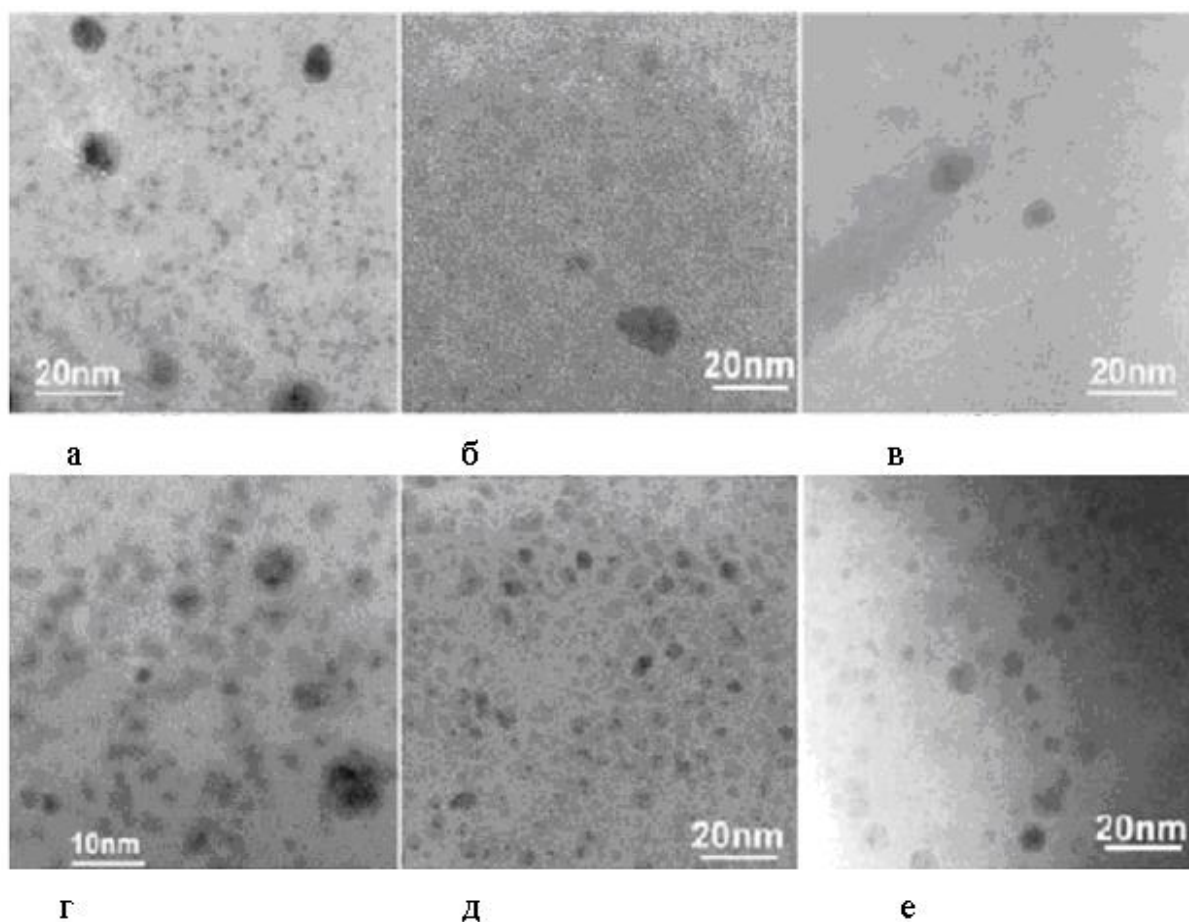


Рис. 17. Наночастицы серебра в протраве

Ниже представлена дорожная карта.

Таблица 2. Дорожная карта второй части модуля

№ э	Время, мин	Действия учителя	Действия учащихся
1	5 мин	Представление целей и задач, демонстрация образцов окрашенных в массе и с поверхности стекол,	Погружение в материал, составление конспекта, в котором перечислены основные способы создания цветных стекол (окраска в массе, стекла с нацветом, протравное окрашивание)

2	15 мин	Рассказ об окраске стекол наночастицами серебра. Знакомство с методикой получения золя серебра. Разделение школьников на группы.ж	Погружение в материал, составление плана опыта по приготовлению золя серебра.
3	20 мин	Проведение опыта по получению золя серебра. Опыт проводят школьники в группах из 4 – 5 человек под руководством преподавателя	Школьники проводят опыт, полученные золи серебра школьники фотографируют полученные золи
4	5 мин	Подведение итогов опыта	Школьники сравнивают результаты опытов в группах
5	5 мин	Учитель рассказывает о протравном окрашивании стекол, демонстрирует школьникам образцы стекол с протравой	Погружение в материал, составление краткого конспекта, фотографирование образцов
6	15 мин	Учитель разделяет школьников на группы, каждой группе выдает по 1 – 2 объекта стекол с протравой для изучения под микроскопом.	Школьники работают в группах. Каждая группа рассматривает по 1 – 2 объекта в микроскоп, по возможности получает микрофотографии поверхности

7	5 мин	Учитель рассказывает школьникам о методе получения серебряной протравы	Школьники записывают в тетради основные этапы получения протравы.
8	15 мин	Учитель демонстрирует школьникам приготовление пасты и метод нанесения ее на стекло.	Учащиеся разбиваются на группы, каждая из которых готовит пасту и наносит ее на поверхность стеклянной пластинки. Пластинки помещают в печь.
9	5 мин	Подведение итогов работы	Учащиеся делают выводы о методах получения наночастиц серебра и стабилизации их в стеклах. Приводят примеры художественных изделий, украшенных серебряной протравой. Учащиеся определяют размер наночастиц серебра по снимку, выданному преподавателем (Рис. 17)

Оборудование: муфельная печь на 800 град с точной регулировкой температуры, защитная маска (сварщика), перчатки-краги, тигельные щипцы, оптический микроскоп, фарфоровая ступка, шпатель, кусок оконного стекла размером 5 x 5 см – 5 штук, штативы с пробирками – 5 штук, пипетка – 5 штук

Расходные материалы: нитрат серебра (2 г) и раствор, таннин, раствор гидроксида натрия, оксид железа(III), крахмал, карбонат натрия, фрагментированные предметы из стекла с протравным окрашиванием (желательно, исторические)

Технологическая карта второй части модуля

Выполняя данный модуль, вы

- 1) приобретете навыки в экспериментальной работе с веществами,
- 2) узнаете о протравном окрашивании стекол наночастицами благородных металлов, научитесь определять изделия с серебряной протравой
- 3) сможете оценить эстетическую ценность художественных объектов, содержащих наночастицы в тонком поверхностном слое
- 4) познакомитесь с процессом нанесения серебряной протравы

Ниже приведен порядок работы:

- 1) Приступая к выполнению заданий, рассмотрите выданные вам или продемонстрированные преподавателем образцы стекол. Найдите среди выданных образцов изделия из стекла, окрашенного во всем объеме, изделия из наложенных стекол и изделия с протравным окрашиванием. Запишите свои наблюдения в лабораторном журнале.
- 2) Прослушайте информацию об окрашивании стекол наночастицами серебра. Составьте план опыта по приготовлению золь серебра.
- 3) Изучите методику проведения опыта. Проводите опыт в группе под руководством преподавателя, четко следуя намеченному плану. Полученный золь серебра сфотографируйте.
- 4) Сравните полученный золь с препаратами, которые получили учащиеся, работавшие в других группах.

- 5) Прослушайте информацию о протравном окрашивании стекол, внимательно изучите представленные вам образцы стекол с протравным окрашиванием.
- 6) Изучите выданные вам объекты под микроскопом. Наблюдения запишите в лабораторный журнал.
- 7) Прослушайте информацию о методе получения серебряной протравы, составьте в тетради план получения действий по получению протравы
- 8) Приступайте к реализации намеченного вами плана. Работайте в группе. Образец стекла с нанесенной на него пастой под руководством преподавателя поместите в печь.
- 9) Сделайте вывод о методах получения наночастиц серебра и стабилизации их в стеклах. Приведите примеры художественных изделий, украшенных серебряной протравой. Пользуясь фотографией протравы, сделанной в электронный микроскоп (рис. 17), определите размер наночастиц.

3 часть. Знакомство с микрообъектами живой и неживой природы и их имитация в материалах. (2 часа)

В этом разделе модуля учащиеся ознакомятся с нанообъектами, напоминающими объекты живой природы. В начале занятия педагог рассуждает со школьниками в форме доверительной беседы о красоте нерукотворных объектов живой и неживой природы. Природа живая, которая по своим формам иногда напоминает объекты неживой природы, в том числе и нанообъекты. Для этого педагогу следует подготовить видеоряд, включающий фотографии вискерров, дендритов, нанотрубок, по форме напоминающих объекты живой и неживой природы.

Вискерами ученые называют нитевидные кристаллы, которые образуются на поверхности некоторых материалов, в частности, металлов. Их можно сравнить с тончайшими «усами». Рост вискеро́в стал предметом многих исследований, в силу важности этих объектов для производства микроэлектронных устройств. Например, существует технология, которая позволяет применять вискеры для армирования композитов, а также для изготовления острия иглы в сканирующей атомно-силовой микроскопии.

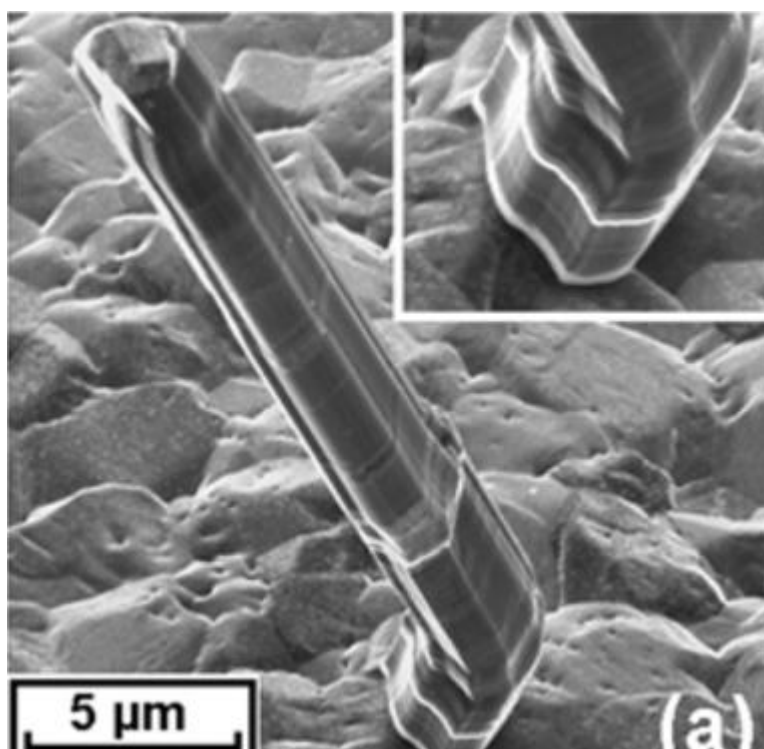


Рис. 18. Вискер олова, растущий на поверхности кристаллов меди

На занятии будут получены микрообъекты неживой природы, имитирующие объекты живой природы. С этой целью учащиеся проведут опыт «Неорганический сад», который будет зафиксирован на фото- и видеокамеры. Комментируя опыт, Учитель объясняет, почему сад растет, рассказывает о явлении осмоса. При этом удобно использовать рис. 19. При проведении опыта важно организовать учащихся так, чтобы внести в работу элемент исследовательской деятельности. Для этого, например, можно предложить школьникам поэкспериментировать с солями одного и того же

металла. Будут ли отличаться, например, водоросли, «растущие» из нитрата и хлорида кобальта и т.д. Учителю важно заранее подготовить такие темы, учивая материальную обеспеченность его лаборатории. Так, может быть изучено влияния природы вещества (как металла, та ки аниона соли) на рост «сада» и окраску «растений», формы кристаллов и их размера на внешний вид и форму «растений». Отдельно можно исследовать зависимость формы растений от геометрии сосуда, в котором проводят опыт, от температуры раствора.

По результатам выполнения модуля учащиеся подготовят отчет, в котором подберут фотографии объектов живой природы (например, водорослей), которые ими были имитированы (рис 20, 21). Если учащиеся умеют работать в технике акварели, их можно попросить зарисовать наблюдаемые опыты или создать произведение на тему неорганического сада, творчески его переосмыслив.

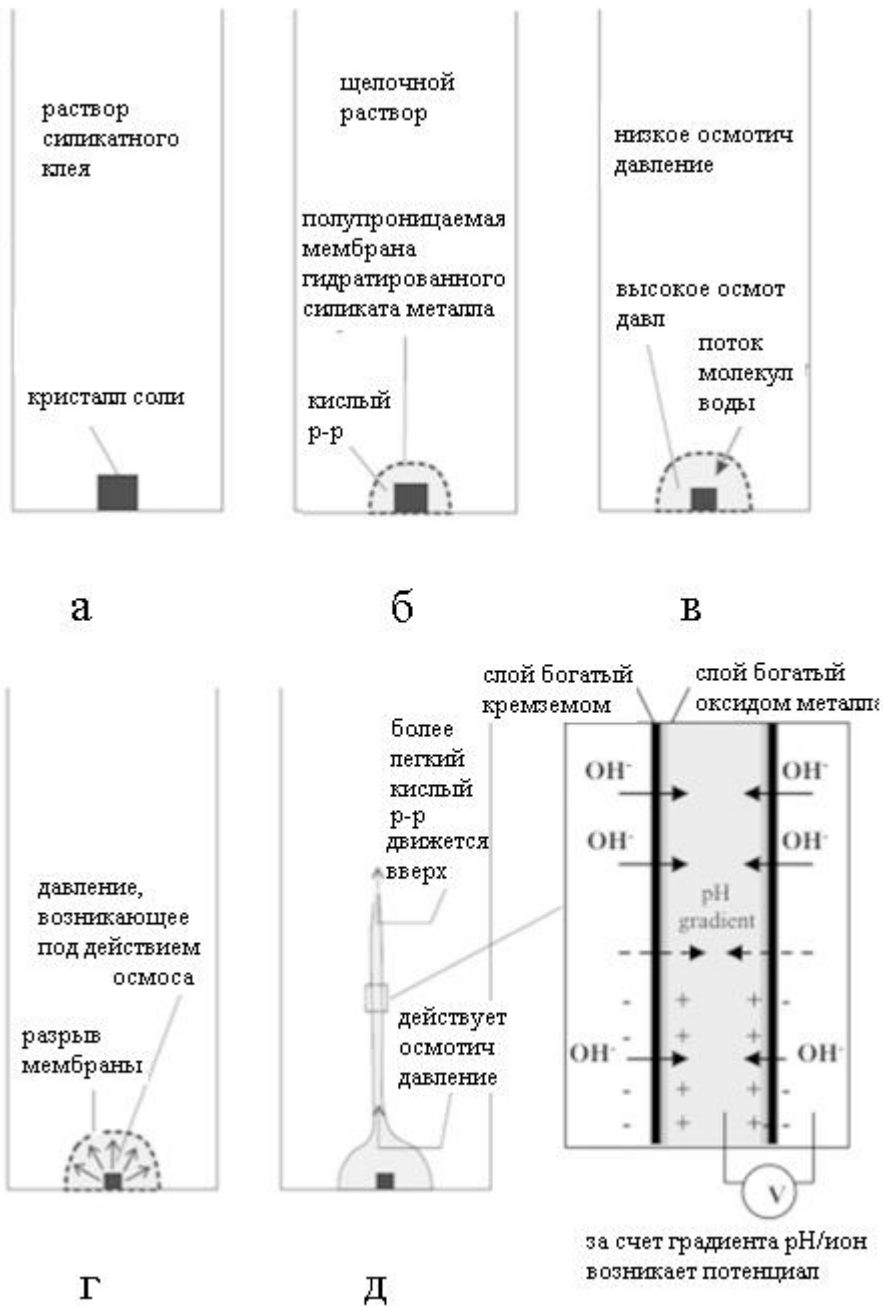


Рис. 19. Объяснение причин роста «неорганического сада»

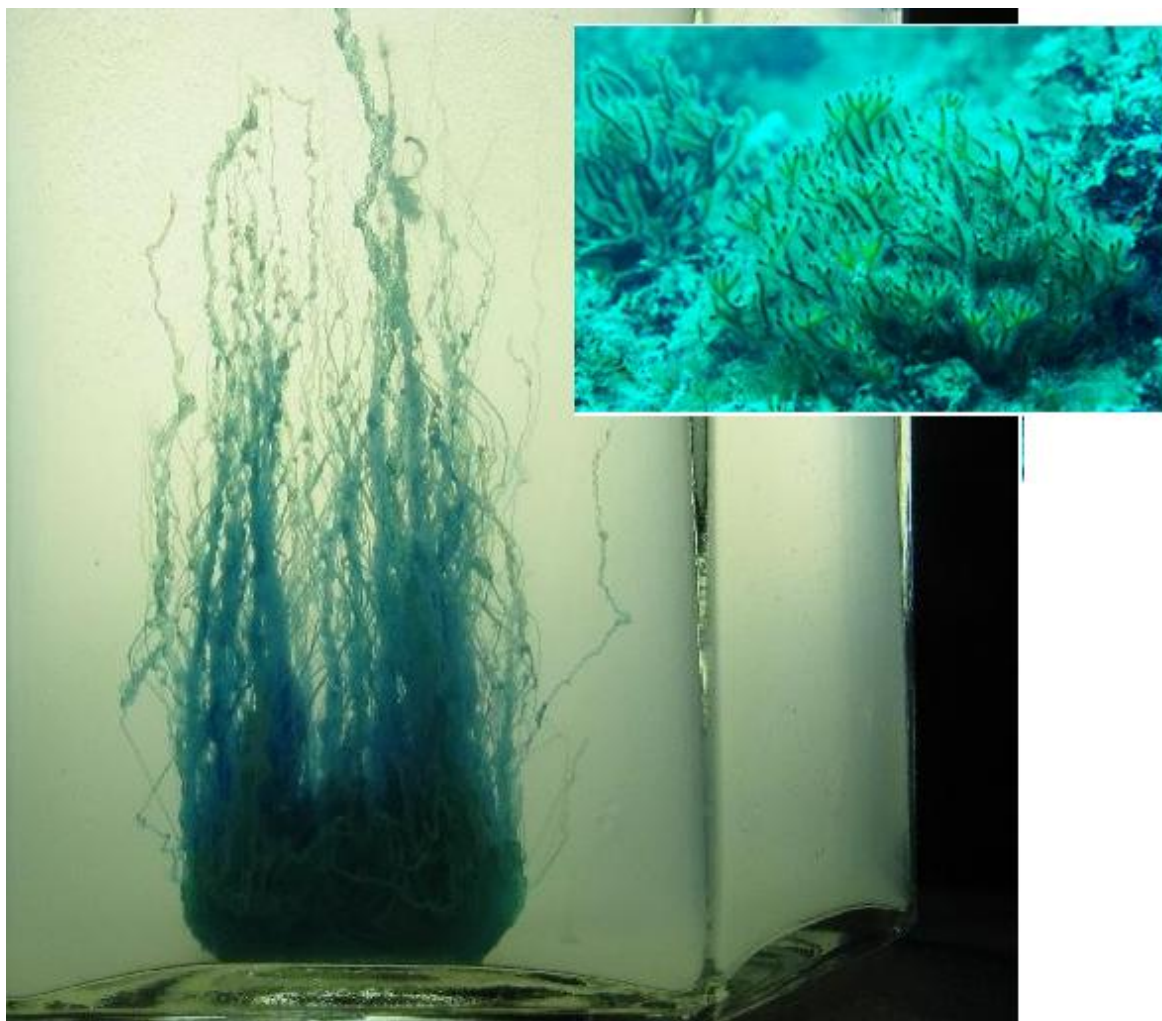


Рис. 20. «Водоросли» из силиката меди в растворе жидкого стекла (слева) и зеленая водоросль *Codium vermilara* в Черном море (справа)

Методика проведения опыта «Неорганический сад».

Для проведения эксперимента вам потребуются жидкое стекло (раствор силикатного клея) и соли различных двух- и трехвалентных металлов. Жидкое стекло представляет собой водный раствор силикатов натрия и калия. В большой стакан или в небольшой аквариум налейте жидкое стекло, разведенное примерно в три-четыре раза водой. Степень разбавления раствора нужно проверить экспериментально до начала занятия.

Добавьте в раствор по щепотке солей меди, кобальта, никеля, железа, цинка, алюминия, марганца, магния и других металлов. Для этих целей можно использовать любые растворимые соли (сульфаты, хлориды, нитраты, ацетаты). Желательно, чтобы кристаллики солей были крупными. Со

временем в стакане происходит рост "химических водорослей", которые состоят из нерастворимых силикатов металлов и напоминают настоящие нитчатые водоросли. Цвет водорослей зависит от металла. Соли меди дают голубые водоросли, кобальта - сине-фиолетовые, магния, алюминия и цинка - белые, никеля - светло-зеленые, железа (III) - коричневые, хрома - зеленые, "марганцевые" водоросли сначала вырастают белыми, но со временем буреют, соли железа (II) дают темно-зеленые водоросли, которые потом также становятся бурными (в обоих случаях изменение цвета происходит в результате окисления). Наиболее красивые водоросли получаются из крупных кристаллов солей. Быстрее всего опыт проходит с хлоридом железа (III) $FeCl_3$, в этом случае образуются толстые бурые водоросли, которые растут буквально на глазах. Вместо крупных кристаллов хлорида железа (III) можно использовать сrostки мелких кристаллов.



Рис. 21. Неорганический сад

Оборудование: стаканы на 500 мл (10 шт), аквариумы на 3 л (1 – 2 шт), воронка (5 шт), фильтровальная бумага, стеклянная палочка (10 шт), пинцеты (5 шт), шпатели (20 шт)

Расходные материалы: различные соли металлов (меди, никеля, кобальта, алюминия, железа, хрома), жидкое стекло (5 л), дистиллированная вода

Таблица 3. Дорожная карта третьей части модуля

№ э	Время, мин	Действия учителя	Действия учащихся
1	10 мин	Представление целей и задач, демонстрация видеоряда, связывающего похожие по формам объекты неживой и живой природы	Погружение в материал, рефлексия
2	15 мин	Рассказ об опыте «Неорганический сад», о причинах роста «сада», о возможностях исследовательской деятельности при проведении опыта	Изучение причин роста сада, выбор объектов исследовательской деятельности, составление плана проведения опыта и выбор темы исследовательской деятельности
3	50 мин	Проведение опыта «неорганический сад». Опыт проводят	Школьники проводят опыт, делают фотосъемку и видеосъемку опыта,

		школьники в группах из 4 – 5 человек под руководством преподавателя	зарисовывают растущие растения, пользуясь акварельными красками
4	10 мин	Подведение итогов опыта	Школьники сравнивают результаты опытов в группах, свои фотографии, видеоролики, зарисовки
5	5 мин	Подведение итогов проектного модуля	составление краткого отчета

Технологическая карта третьей части модуля

Выполняя данный модуль, вы

- 1) найдете сходство между объектами живой и неживой природы,
- 2) узнаете о том, почему растет неорганический сад
- 3) сможете оценить эстетическую ценность нанообъектов
- 4) научитесь выращивать неорганический сад

Ниже приведен порядок работы:

- 1) Внимательно изучите представленные Вам фотографии, определите, есть ли сходство между представленными на них объектами живой и неживой природы
- 2) Познакомьтесь с порядком проведения опыта «Неорганический сад», разберитесь в причинах роста сада, в том, какие соли и почему вызывают его рост. Вместе с другими ребятами сформируйте группу из 4 – 5 человек и выберите направление исследовательской деятельности при выполнении опыта «Неорганический сад». Сформулируйте цель исследования и согласуйте ее с учителем.
- 3) Проводите опыт, регулярно фиксируя при помощи фото- или видеокамеры все происходящие в саду изменения. Зарисуйте сад, используя акварельные краски.

- 4) Сделайте выводы по результатам вашей исследовательской деятельности
- 5) Подготовьте краткий отчет о проделанной работе.

Итог работы преподаватель подводит в форме беседы со школьниками, в которой он обсуждает

- a. свойства наночастиц металлов и их способность придавать окраску различным объектам
- b. использование наночастиц металлов для окраски стекол
- c. возможности окрашивания стекол путем введения наночастиц в поверхностный слой стекла (протрава)
- d. близость форм объектов живой и неживой природы и возможность имитировать формы некоторых нанообъектов на макроуровне

Для самооценки учащиеся могут использовать следующие задания:

Задание 1.

- (а) Изучите рисунок и определите, какой цифрой обозначен предмет, выполненный из двухслойного стекла.
- (б) соотнесите краситель (кобальт, неодим, хром, золото) с окраской предмета.

Заполните таблицу

Краситель	Co^{2+}	Nd^{3+}	Cr^{3+}	Au
Предмет (номер)				



1

2

3

4

Задание 2.

(а) Изучите рисунок и определите, какой цифрой обозначен предмет, выполненный из стекла, глушеного во всем объеме.

(б) под каким номером находится предмет, выполненный из двухслойного стекла?

(в) соотнесите краситель с окраской предмета.

Заполните таблицу

Краситель	Cu(протрава)	Mn ³⁺	Cu ²⁺	Ag(протрава)
Предмет (номер)				



1

2

3

4

Задание 3.



На фото приведен неорганический сад, выращенный в растворе жидкого стекла при внесении в него кристалла соли. Эта соль –

А	Б	В	Г
Хлорид железа(III)	Хлорид алюминия	Хлорид кобальта	Хлорид марганца

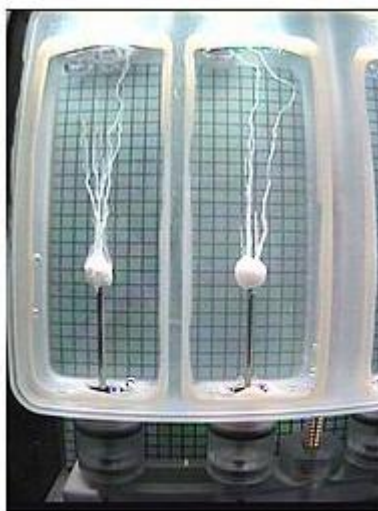
Правильный ответ:

Задание 4.

(а) На какой из фотографий опыт по выращиванию неорганического сада проводили в космосе?



А



Б

Ответ

(б) какую соль использовали для выращивания сада, представленного на фото?

А	Б	В	Г
Хлорид меди(II)	Хлорид никеля	Хлорид кобальта	Хлорид кальция

Ответ