

Творческие / исследовательские / проектные работы по химии в СУНЦ МГУ

Каждый год ученики химико-биологического отделения СУНЦ МГУ начинают с планирования и выполнения творческих / исследовательских / проектных работ по химии. Не случайно это определение такое широкое. Не у всех есть время и силы заняться настоящим научным исследованием, ведь нагрузка у учащихся очень велика. К исследованиям более склонны 10-классники, которые в меньшей степени, чем 11-классники, заняты олимпиадами и подготовкой к экзаменам. Но работа может и не нести значительной исследовательской компоненты: вырастить кристалл, попробовать получить некое вещество, разработать или модифицировать методику синтеза или анализа, подобрать реагенты для опыта... Ограничения для творчества, конечно, есть, но они исчерпываются материальным ресурсом и техникой безопасности.

Описанные ниже работы, выполненные в 2012-13 учебном году, разные как по своему построению, так и по области: здесь и органическая химия, и неорганическая, и физическая, и биохимия... Некоторые из них докладывались на Колмогоровских чтениях в мае 2013 г., другие не пошли дальше внутренней мини-конференции. Кое-какие интересные работы мы сознательно утаили в надежде сделать из них отдельную публикацию. Более полное представление о размахе и подробностях творческой / исследовательской / проектной деятельности можно составить, зайдя на страничку http://internat.msu.ru/?page_id=1333. А пока предоставляем слово самим учащимся для рассказа о своих работах.

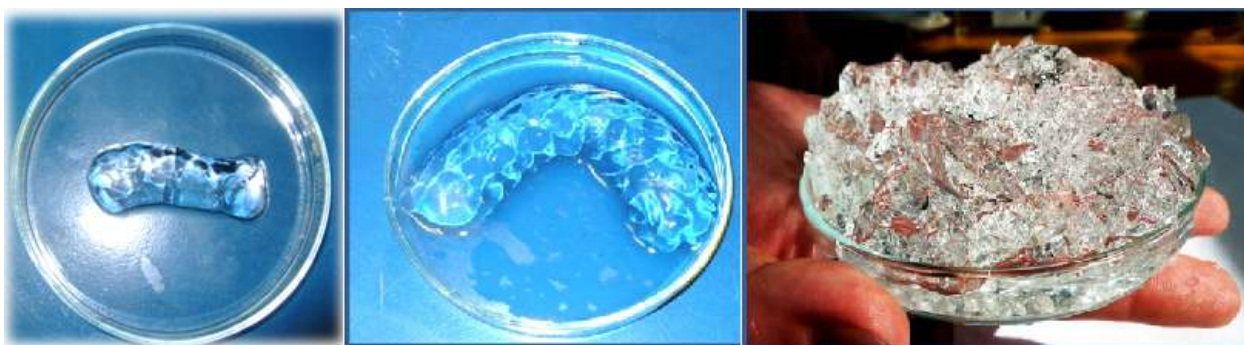
Лобова Екатерина, Мирхайдарова Регина (10Н). Синтез сополимерных криогелей на основе N,N-диметилакриламида. Руководитель: О.Е. Заборина (ИНЭОС РАН).



Основной целью нашей работы было получение сополимерных криогелей N,N-диметилакриламида (ДМА) с натриевой солью винилфосфоновой кислоты (ВФК) и п-стиролсульфонатом натрия (ССН) и определение степени набухания полученных криогелей. Криогели – это макропористые гели, за свойства которых ответственны поликристаллы замерзшего растворителя.

Мы провели нейтрализацию винилфосфоновой кислоты с помощью карбоната натрия и гидроксида натрия, перекристаллизацию п-стиролсульфоната натрия в водно-ацетоновом растворе, вакуумную перегонку ДМА, синтез сополимерных криогелей при $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ с ВФК и ССН с содержанием последних от 1 до 15 мольн. %. Затем мы определили значения степени набухания полученных криогелей в дистиллированной воде.

В результате нашей работы были синтезированы сополимерные криогели, обладающие высокой степенью набухания от 125 до 900 г/г, то есть способные удерживать на 1 г собственного веса 125-900 г воды. Это открывают возможности для широкого практического использования их в качестве суперабсорбентов.



Набухание криогеля

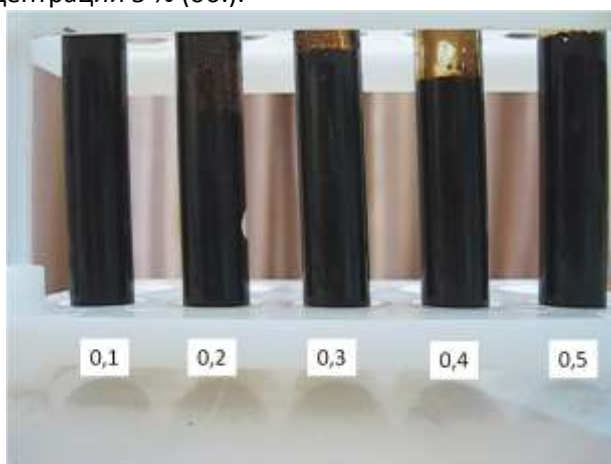
Чеснокова Дарьяна (10Н). Водно-нефтяные эмульсии: получение, устойчивость, разрушение. Руководитель: О.В. Колясников (СУНЦ МГУ).



Зачем нужны эмульсии? Как их создать и разрушить? Что они представляют собой с точки зрения химии? Как решить экологическую проблему, связанную с разливом нефти?

Для решения данных проблем я провела серию опытов по созданию наиболее устойчивой водо-нефтяной эмульсии и ее разрушению. Вода и нефть смешивались в пробирках в различных соотношениях. Затем пробирки энергично встряхивали в течение 1 мин. Засекалось время и полнота расслоения на фракции.

В результате опытов можно утверждать, что зависимости стабильности эмульсии от солёности воды не наблюдается; наиболее устойчивым соотношением является 2 мл нефти : 4 мл воды. Среди исследованных спиртов наиболее эффективными деэмульгаторами (разрушителями эмульсий) являются бензиловый и этиловый спирты. Я определила, что бензиловый спирт работает, начиная с концентрации 5 % (об.).



Опыты с бензиловым спиртом

Гузев Виталий (10Н). Сравнительный анализ трёхмерной структуры CDR H3 варибельной части антител. Руководители: В.К. Аржаник (ФББ МГУ), О.В. Колясников (СУНЦ МГУ).

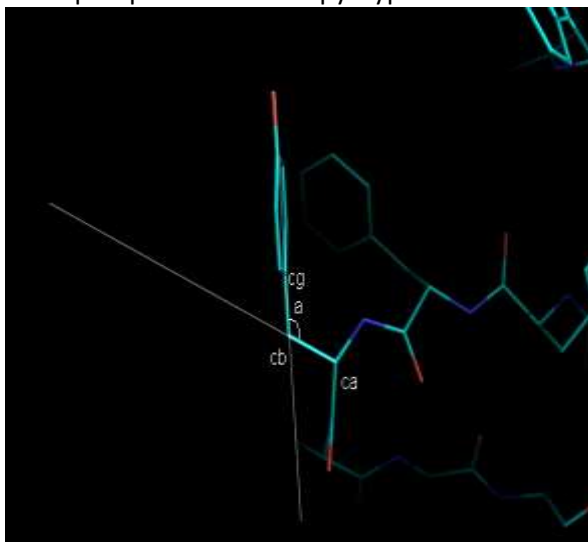


Антитела – белки с четвертичной структурой, осуществляющие реакции гуморального иммунитета. Начало изучения антител было положено в XIX веке Ландштейнером. В первой половине XX века была определена их белковая природа. Связывание антител с антигенами определяется структурой антигенсвязывающих петель (CDR). Наибольшую роль играет при этом CDR H3.

В ходе моей работы был проведён анализ ориентации боковых цепей ароматических остатков в позиции 100A в контексте моделирования антител.

При визуализации было выявлено два кластера: в большом кластере остатки в позиции 100A направлены в направлении поверхности глобулы антитела, остатки же в малом кластере преимущественно направлены внутрь белка, за исключением отдельно описанных случаев. Также при анализе структур, входящих в кластеры, мы нашли объяснение распределению по типам остатка в данной позиции. Было также обнаружено соответствие направления аминокислотного остатка в позиции 100B направлению остатка в позиции 100A.

Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшего повышения аккуратности моделирования пространственной структуры антител.



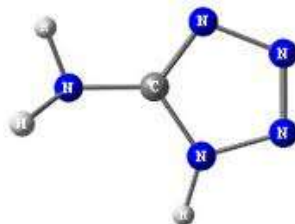
Позиция 100A

Драгунов Антон, Горбатенко Владислав (10Н). Синтез и изучение полиазотистых лигандов и их комплексов с металлами. Руководители: А.И. Косарев (ДНТТМ МГДД(Ю)Т), Н.М. Курносов (ФНМ МГУ).



Целью работы является получение ряда полиазотистых органических лигандов и их комплексов с металлами, способными придавать цвет пламени при горении. Их горение протекает при низких температурах и не сопровождается образованием большого количества дурнопахнущих и токсичных продуктов. Создание подобных материалов является важнейшей задачей при разработке экологически безопасных пиротехнических изделий, пригодных для эксплуатации в закрытых помещениях.

В ходе работы мы изучали физические и химические свойства некоторых лигандов – производных тетразола: 5-аминотетразола и 5,5-дитетразолиламина. Мы синтезировали их комплексы с такими солями, как нитрат меди (II), нитрат неодима (III), нитрат самария (III). Строение этих комплексов было изучено методами ЯМР-спектроскопии, МС, РСА.



5-аминотетразол



Комплекс неодима с 5-аминотетразолом

В качестве работы на будущее рассматривается синтез такого лиганда, как 3,6-дигидразино-1,2,4,5-тетразин и некоторых солей: молибдониколата аммония и молибдодобальтата аммония, которые, возможно, могут быть использованы в комплексообразовании с полиазотистыми лигандами.

Ильичев Игорь (10Н). Химические змеи из сульфаниламидов. Руководитель: В.В. Загорский (СУНЦ МГУ, химфак МГУ).

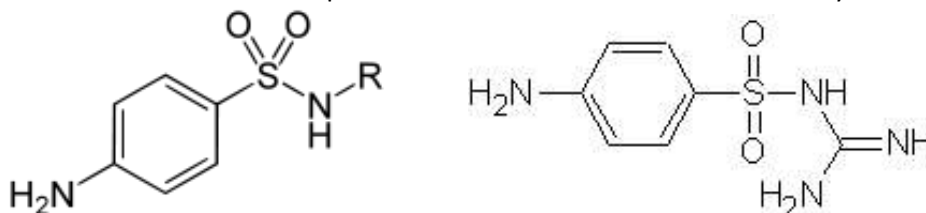


Сульфаниламидные препараты, главным образом норсульфазол, являются сырьем для химических реакций под названием «фараоновы змеи». В ходе окисления этих препаратов выделяется много газообразных продуктов реакции (SO_2 , H_2S , N_2 , пары воды), которые вспучивают массу и формируют пористую «змею». Чтобы провести реакцию, на таблетку сухого горючего помещают таблетку лекарственного препарата и поджигают горючее.



«Змея»

Однако норсульфазол постепенно исчезает с прилавков аптек и магазинов. Целью моей работы было найти аналогичный по составу и химическим свойствам препарат или реагент. Им оказался препарат сульгин или сульфугуанидин, который до сих пор пользуется большой популярностью и имеется в наличии практически во всех аптеках и аптечных пунктах.



Общая формула сульфаниламидного препарата (слева) и формула сульгина (справа)

В работе исследовались и другие сульфаниламидные препараты. Сжигание котримоксазола, представляющим из себя смесь сульфаметоксазола и триметоприма, не имело никакого эффекта, образуется бесформенная масса (возможно, из-за легкоплавкости триметоприма). При сжигании сульфадиметоксина и сульфадиметоксазола образуется небольшое количество рыхлой углеродной массы, не превращающейся в «змею». При сжигании стрептоцида наблюдается образование углеродной массы, заметно превышающей исходный препарат в объеме, но не имеющей никакой определенной формы.

Евдокимов Константин (11Л). Синтез гексахлорфосфата нитрония. Руководитель: Г.Ю. Алешин (СУНЦ МГУ, ФНМ МГУ).



Многим известно, что в царской водке в качестве окислителя, помимо хлора, образуется нитрозилхлорид, который может быть получен и в реакции нитрита натрия с оксохлоридом фосфора. Но можно ли получить соединения, в которых катионом будет нитроний, а не нитрозил? Конечно, в синтезах используются соединения такого типа с анионами, полученными из сильных кислот Льюиса, например, NO_2BF_4 . Но можно ли получить подобные соединения с анионами из менее сильных кислот Льюиса?

Целью работы было получение катиона нитрония в виде соли, анионом которой будет гексахлорфосфат-анион.

Получение состоит из двух стадий:

1. Получение NO_2Cl
2. Пропускание NO_2Cl через PCl_5 с образованием NO_2PCl_6

Хлористый нитрил (нитроний) получается аналогично получению хлористого нитрозила, только оксохлорид фосфора приливается не к нитриту натрия, а к нитрату. В результате получается много коричневого газа (который, возможно, является NO_2), и он пропускается в раствор пентахлорида фосфора в тетрахлориде метана. Раствор приобретает коричневую окраску, а количество осадка (нерастворившийся PCl_5) заметно увеличивается, что говорит об образовании соли.

1. $3\text{NaNO}_3 + \text{POCl}_3 = 3\text{NO}_2\text{Cl} + \text{Na}_3\text{PO}_4$
2. $\text{NO}_2\text{Cl} + \text{PCl}_5 = \text{NO}_2\text{PCl}_6$

В результате данного синтеза мы получили пентахлорид нитрония, который может являться неплохим нитрующим агентом.



Установка



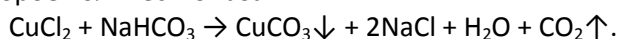
Продукт

Табачников Эдуард (11Л). Получение и исследование состава свежесозданного карбоната меди. Руководитель: А.И. Жиров (СУНЦ МГУ, химфак МГУ)



Целями работы были получение карбоната меди и изучение его состава путем прокаливании.

Сначала был получен карбонат меди. Для этого мы смешали нагретые растворы гидрокарбоната натрия и хлорида меди. В результате выпал мелкозернистый голубой осадок, а также выделилось некоторое количество газа:



Осадок карбоната меди

Полученный осадок был отфильтрован и взвешен в тигле. Масса оказалась равной 1,04 г. Затем мы прокалили его со снятием зависимости температуры порошка от времени прокаливании.



График зависимости температуры от времени прокаливании, полученный с помощью датчика температуры

На основании этого графика было показано наличие гидроксогрупп в нашем веществе.

Полученный черный порошок оксида меди также был взвешен: его масса равна 0,69 г. Согласно расчету, оказалось, что вещество более правильно можно описать составом $\text{Cu}(\text{OH})_{0,26 \pm 0,177}(\text{CO}_3)_{0,87 \pm 0,088}$.

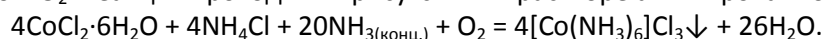
**Побережный Даниил (11Н). Получение хлорида и иодида гексаамминкобальта (III).
Руководитель: Н.И. Морозова (СУНЦ МГУ).**



Аммиачные комплексы кобальта очень удобны для изучения кинетики химических процессов, поэтому они стали постоянным объектом подобных исследований. Эти соединения довольно инертны, поэтому установление равновесия в их обменных реакциях занимает от нескольких часов до нескольких дней, что делает возможным изучение кинетических процессов при помощи простых аналитических методов.

Нашей задачей была модификация синтеза, описанного в «Руководстве по неорганическому синтезу» Брауэра (5 том, стр. 1178-1179), для малых количеств веществ.

Синтез состоял из двух стадий. Стадия первая представляет собой получение хлорида гексаамминкобальта (III) $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$. Реагирующая смесь из $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, NH_4Cl , NH_3 и H_2O продувается током O_2 . Реакция проходит в присутствии в растворе активированного угля:

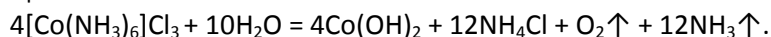


О завершении реакции судили по переходу цвета раствора от малинового к бурому и выпадению осадка. В ходе реакции следили за силой тока кислорода и добавляли аммиак, так как он улетучивается из раствора.



Выпадающий осадок

Выпавший осадок $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ я отфильтровал вместе с углем. Затем растворил осадок при нагревании в 1% HCl . При растворении нельзя допускать перегрева, так как комплекс начинает разлагаться по реакции:



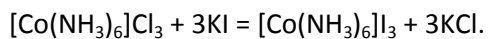
Поскольку сине-зеленая муть в растворе не появлялась, можно сделать вывод, что разложения не произошло.

После горячего фильтрования раствора от угля я осадил из фильтрата оранжевые кристаллы $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ концентрированной HCl и отфильтровал их. Полученные кристаллы хлорида гексаамминкобальта (III) оранжевого цвета, мелкие, кубические.



$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$

Вторая стадия синтеза заключается в переводе хлорида гексаамминкобальта (III) в иодид в ходе обменной реакции:



Для этого я растворил несколько граммов $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ в воде и обработал 6 % раствором KI. В ходе упаривания из раствора выпадают красно-оранжевые кристаллы $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{I}_3$. Их выпадает немного. Кристаллы также имеют кубическую форму, но в 1,5-2 раза крупнее кристаллов $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$.

Все реакции проводились в небольшом стакане. Синтез несложен в плане требуемых оборудования и реагентов и легко воспроизводим.

*Материал подготовила
Н.И. Морозова*