

## Задания для конкурсного отбора по направлению «Химия»

### 7-8 класс. Волшебные кристаллы



Юному химику Дульсинея очень нравилось выращивать кристаллы неорганических солей. Ей удалось раздобыть соли кобальта – они имели так нравившийся Дульсинея розовый цвет, поэтому именно из них она решила выращивать кристаллы. А чтобы цвета получались более разнообразными, она решила делать смеси из доступных ей солей.

Дульсинея брала навески солей, содержащих требуемое количество вещества, растворяла их в воде, смешивала полученные растворы и упаривала на водяной бане. Составы 1, 2, 4 и 5 получились хорошо – образовались растворы розовых оттенков, в которых после упаривания образовывались красивые кристаллы. При приготовлении состава 3 выпал осадок [1]. Дульсинея отфильтровала его, и из полученного раствора после упаривания получились кристаллы. Осадок фиолетового цвета выпал и при приготовлении состава 6 [2], Дульсинея отфильтровала и его, а затем выделила кристаллы из маточного раствора тем же способом.

Состав для приготовления кристаллов	Компонент 1	Компонент 2	Компонент 3	Компонент 4	Компонент 5
№1. Шокирующий розовый	Хлорид кобальта (II) – 1 моль	Сульфат кобальта (II) – 0,5 моль	Хлорид натрия – 0,75 моль	Иодид калия – 0,01 моль	-
№2. Ярко-фиолетовый	Сульфат кобальта (II) – 1,2 моль	Сульфат меди (II) – 0,6 моль	Сульфат магния – 0,3 моль	Бромид натрия – 0,01 моль	Нитрат натрия – 0,2 моль
№3. Японская вишня	Сульфат кобальта (II) – 0,8 моль	Хлорид кобальта (II) – 1,2 моль	Хлорид калия – 0,15 моль	Гидрокарбонат натрия – 6 моль	Хлорид меди – 0,8 моль
№4. Аметистовый	Хлорид кобальта (II) – 1,4 моль	Хромкалиевые квасцы – 0,7 моль	Хлорид меди (II) – 0,5 моль	Хлорид калия – 0,015 моль	Сульфат натрия – 0,11 моль
№5. Звезды в шоке	Хлорид кобальта (II) – 0,9 моль	Сульфат натрия – 1 моль	Хлорид натрия – 0,3 моль	Роданид калия – 0,4 моль	Нитрат калия – 0,18 моль
№6. Фуксия	Хлорид кобальта (II) – 1,1 моль	Сульфат калия – 0,1 моль	Хлорид натрия – 0,1 моль	Иодид калия – 0,3 моль	Ортофосфат натрия – 0,54 моль

1. Можно ли заменить катион кобальта на другой, чтобы сохранилась розовая окраска соли?
2. Напишите уравнения реакций 1-3. Приведите все возможные реакции между реагентами.
3. Рассчитайте массы полученных кристаллов (без учета кристаллизационной воды) каждого типа (считая, что все эксперименты проводятся количественно) и выясните, какой состав даёт кристаллы с наибольшей массой.
4. Считая, что интенсивность розовой окраски кристалла зависит только от процентного содержания ионов кобальта в кристаллах, полученным способом, описанным в задаче, установите, какой из составов даст кристалл с наиболее ярким розовым оттенком? Ответ подтвердите расчётом.
5. Какого цвета будут кристаллы, полученные из маточного раствора составов 3 и 5? Ответ поясните.

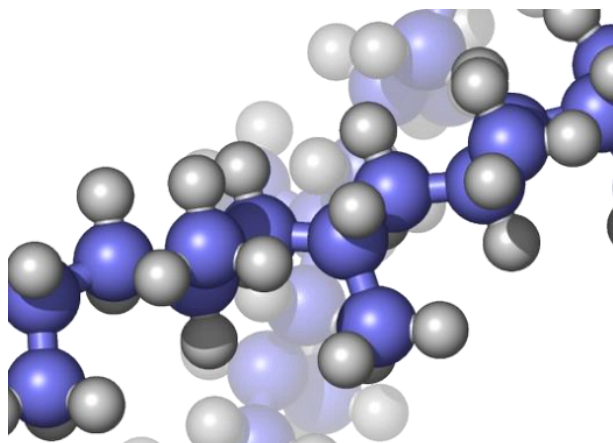
Дульсинея пыталась выращивать кристаллы не только из смесей, но и из индивидуальных соединений. Так, кристаллы из сульфата кобальта получилась хорошо, но все попытки вырастить кристалл перманганата калия терпели неудачу, так как из раствора выпадал рыхлый коричневый осадок, из которого не получалось вырастить кристаллы [4]. Дульсинея также пыталась сделать кристаллы из твёрдого йода, но он плохо растворялся в воде, образуя коричневый раствор

6. Почему Дульсинея не удалось вырастить кристалл перманганата калия? Запишите уравнение реакции 4. Можно ли вырастить кристалл перманганата калия? Свой ответ аргументируйте
7. Почему простое вещество йод не растворяется в воде? Как можно получить кристаллы йода?

Однажды Дульсинея забыла закрыть крышкой баночку с твёрдым хлоридом кобальта гексагидратом и оставила его на подоконнике под лучами солнца. Спустя некоторое время она заметила, что часть порошка приобрела красивый фиалковый цвет [5]. Дульсинея взвесила кристаллы и обнаружила, что вещество потеряло 22,69% своей массы.

8. Что произошло с хлоридом кобальта? Запишите уравнение реакции 5, подтвердите свой ответ расчётом. Какой состав получился соли хлорида кобальта?

## 9 класс. Молекулярная масса



Молекулярная масса – это важная характеристика вещества для химика. Для неорганических веществ её легко найти по атомным массам, указанным в Таблице Менделеева. Но нахождение молекулярной массы практически для всех веществ, окружающих нас в быту (полиэтилен, целлюлоза, полипропилен, полистирол и т.д.) вызывает затруднения. Это связано с тем, что

структурная формула данных веществ не отражает их реального строения и точного содержания атомов и молекул. Поэтому для определения молекулярных масс таких соединений используют косвенные методы. Например, измерение вязкости растворов, в которых содержатся вышеописанные соединения.

Для определения вязкости раствора измеряют время истечения равных объемов раствора и растворителя через капилляр специального прибора – вискозиметра - при заданной постоянной температуре. Рассмотрим данный метод на примере полистирола. Для этого готовят раствор полимера, растворяя 0,3–0,5 г полистирола в 30 см<sup>3</sup> толуола. Раствор фильтруют через складчатый фильтр в колбу емкостью 50–100 см<sup>3</sup>. Колбу с отфильтрованным раствором закрывают пробкой. Содержание полистирола определяют методом «сухого остатка». Результаты определений представлены в таблице. По массе сухого остатка рассчитывают концентрации растворов, выражая концентрацию в г/дл. Измерение времени истечения растворителя и растворов выполняют в вискозиметре. Полученные в ходе эксперимента данные заносят в таблицу:

№	Масса полистирола, мг	Время истечения раствора, с	Вязкость относительная $\eta_{отн}$	Вязкость удельная $\eta_{уд}$	Вязкость приведённая $\eta_{пр}$
1	0	3			
2	2,2	10,00			
3	5,02	45,00			
4	7,08	85,00			
5	8,52	120,00			
6	12,04	226,00			

Относительную вязкость раствора рассчитывают по формуле:

$$\eta_{\text{отн}} = \frac{t}{t_0},$$

Где  $t$  – время истечения раствора, с;  $t_0$  – время истечения чистого растворителя, с.

Далее рассчитывают удельную вязкость:

$$\eta_{\text{уд}} = \frac{t - t_0}{t_0} = \eta_{\text{отн}} - 1$$

и приведенную вязкость имеющую размерность, обратную размерности концентрации раствора, т.е. дл/г.

$$\eta_{\text{пр}} = \frac{\eta_{\text{уд}}}{C}$$

Где  $C$  – концентрация раствора в г/дл. Все величины рассчитываются с точностью до 0,001.

Для нахождения характеристической вязкости полимерного раствора  $[\eta]$  необходимо определить приведенную вязкость нескольких растворов (не менее четырех) с различными концентрациями.

Характеристическую вязкость раствора полимера определяют графически. Для этого строят график зависимости приведённой вязкости от концентрации  $\eta_{\text{пр}} = f(C)$  и определяют точку пересечения линейного графика с осью ординат. Отсекаемый отрезок этой оси представляет величину характеристической вязкости  $[\eta]$ , имеющую размерность дл/г. Найденное значение  $[\eta]$  используется для расчета средней молекулярной массы полимера по уравнению Марка – Куна – Хаувинка:

$$[\eta] = KM^\alpha$$

где  $K$  – константа, зависящая от природы полимера и растворителя;  $\alpha$  – константа, связанная с конформацией макромолекул данного вида. При 20 °С для раствора полистирола в толуоле  $K = 7,0 \cdot 10^{-5}$ ,  $\alpha = 0,93$ .

1. По данным, приведённым в задаче, определите молекулярную массу полистирола. Ответ подтвердите расчётами. Какую размерность имеет полученная Вами величина?

2. Предложите другие способы для определения молекулярной массы для твёрдых полимеров и их растворов. Будут ли результаты, полученные разными методами, сопоставимы между собой?

3. Назовите причины, по которым измерение молекулярной массы для высокомолекулярных соединений вызывает такие затруднения?

## 10-11 класс. Биодоступный фуллерен

Молекула фуллерена  $C_{60}$  представляет интерес не только с точки зрения своего строения, но и в качестве применения этих особенностей. Так она может захватывать свободные радикалы, генерировать кислород в клетках при облучении, быть аналогом субстратов для некоторых ферментов и т.д. Эти свойства очень привлекательны для использования фуллерена  $C_{60}$  в медицине.



Однако низкая растворимость и биодоступность ограничивают его широкое использование. Чтобы исправить этот недостаток, к молекуле фуллерена «пришивают» различные органические молекулы и функциональные группы, например, молекулы красителей. Это позволяет не только улучшить биодоступность фуллеренов, но и улучшить его оптические свойства.

1. Предложите способ пришивания молекулы флуоресценции к молекуле фуллерена. Напишите уравнения и условия всех протекающих реакций
2. Как можно использовать предлагаемое Вами соединение, какими свойствами оно будет обладать?
3. Можно ли поместить молекулу флуоресцеина не на поверхность, а во внутрь молекулы фуллерена? Свой ответ поясните. Изменяются ли в этом случае свойства такой структуры?

Одна из молекул такого типа может использоваться для спектрофотометрического анализа содержания трипсина. Зависимость интенсивности люминесценции от концентрации трипсина представлена в таблице:

Интенсивность	640	900	2080	3180	4500
Концентрация трипсина, мг/мл	5	10	20	40	60

4. Считая, что зависимость интенсивности люминесценции от концентрации фермента при данном способе определения линейна, определите содержание трипсина в образце объёмом 100 мкл, если интенсивность люминесценции составила 1700.