

Задания практического тура

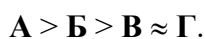
10 КЛАСС

Дорогие десятиклассники!

В этом году исполняется 160 лет со дня рождения знаменитого химика Альфреда Вернера, основоположника современной теории комплексных (координационных) соединений, впоследствии ставшего Нобелевским лауреатом. Многие положения этой теории были высказаны Вернером при исследовании соединений кобальта.

Сегодня Вам предстоит решить экспериментальную задачу, связанную с *октаэдрическими* амминокомплексами кобальта(III) состава " $\text{CoCl}_3 \cdot x\text{NH}_3$ " ($x \geq 4$), где молекулы NH_3 входят *только во внутреннюю сферу*. Таких соединений – всего четыре, обозначим их А – Г.

Известно, что молярная электропроводность растворов соединений А–Г (с одинаковой молярной концентрацией) изменяется в следующем порядке:



- 1) Приведите координационные формулы соединений А и Б (в которых необходимо указать внутреннюю сферу в [квадратных скобках], а также все внешнесферные ионы).
- 2) Напишите уравнение реакции диссоциации, происходящей при растворении соединения А в воде:

Методы получения соединений А и Б очень похожи.

Соединение Б получают при взаимодействии раствора CoCl_2 с избытком концентрированного водного раствора аммиака в присутствии NH_4Cl , постепенно добавляя избыток пероксида водорода.

- 3) Напишите уравнение реакции получения соединения Б по описанному выше методу.

Соединение А получают практически также, как и Б, только в синтезе используют немного больше раствора аммиака и *активированный уголь*.

- 4) Какова роль *активированного угля* в реакции получения соединения А?

Напомним, молярная электропроводность соединений В и Г в водном растворе примерно одинаковая.

- 5) Приведите *структурные формулы* комплексных частиц, входящих в состав соединений В и Г.

Для определения состава предложенного Вам образца амминокомплекса кобальта(III) " $\text{CoCl}_3 \cdot x\text{NH}_3$ " ($x \geq 4$) его точную навеску предварительно прокипятили с небольшим избытком 6 М раствора NaOH и отфильтровали образовавшийся осадок.

- 6) Напишите уравнение предварительно проведенной реакции пробоподготовки.



Полученный фильтрат полностью собрали, аккуратно нейтрализовали разбавленной азотной кислотой до $\text{pH} \sim 7$ и выдали Вам для анализа в мерной колбе.

Для количественного определения содержания хлорид-ионов в выданном фильтрате сегодня Вы будете использовать аргентометрическое титрование по Мору.

Карл Мор – химик-аналитик, который значительно усовершенствовал технику титрования, сконструировал многое ныне используемое нами лабораторное оборудование (бюретку, зажим, пипетку). Примечательно, что в этом году у Мора также Юбилейная дата – 220 лет со дня его рождения!



Вам приведены портреты двух этих знаменитых Юбиляров.

- 7) Скажите, кто из них изображен слева, а кто – справа (Альфред Вернер или Карл Мор)?



По методу Мора количественное определение хлорид-ионов в растворе проводят титрованием нитратом серебра в присутствии хромата калия в качестве "индикатора". В начале титрования осаждаются *только хлорид-ионы* **[реакция а]** – при этом суспензия в колбе имеет лимонно-желтую окраску. Затем, *после полного осаждения хлорид-ионов* и дальнейшего добавления *небольшого избытка ионов Ag^+* , цвет суспензии в колбе меняется на желтовато-бежевую **[реакция б]**, что и является конечной точкой титрования.

- 8) Напишите уравнения двух упомянутых реакций, лежащих в основе аргентометрического определения хлорид-ионов в присутствии хромат-ионов в качестве "индикатора".
- 9) По результатам титрования Вы определите массу хлорид-ионов в выданной Вам пробе (" $m(Cl^-)$ в пробе"). Зная массу (" $m(KC)$ навески") исходного анализируемого комплексного соединения " $CoCl_3 \cdot xNH_3$ ", приведите формулу, руководствуясь которой можно рассчитать значение " x ".

(оценивается только полностью правильно выведенная формула!)

Уважаемые участники!

Сегодня Вам предстоит провести аргентометрическое титрование.

Серебро является драгоценным металлом, оборот которого строго контролируется!

Все "оттитрованные" растворы и растворы в "сливных стаканах" нельзя выливать в раковину,

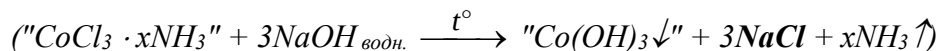
их необходимо собирать в специальную емкость с надписью «Слив серебра»!

Экспериментальное задание

При проведении аргентометрического титрования Вам необходимо решить перечисленные ниже задачи.

1. Определить молярную концентрацию раствора AgNO_3 с точностью до четырех значащих цифр*.

2. Определить массу хлорид-ионов (в граммах с точностью до четырех значащих цифр) в выданной Вам в мерной колбе пробе фильтрата, полученной после предварительной пробоподготовки.



Все реактивы и оборудование выдаются только однократно!

При повторной выдаче любого реактива или посуды Вы потеряете по 5 баллов!

Реактивы и лабораторная посуда

- ~0,02 М раствор AgNO_3 (~200 мл; в банке с герметичной крышкой);
- раствор NaCl с точно указанной концентрацией (~200 мл; в банке с герметичной крышкой);
- ~0,05 М раствор $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (~400 мл; одна промывалка на 4 чел.; находится около раковины)
(выдача дополнительного количества этого реактива не учитывается у участников);
- банка-капельница с ~5 %-м раствором (~100 мл) "индикатора" (K_2CrO_4);
- мерная колба (250,0 мл) с пробкой (с выданной Вам пробой фильтрата);
- бюретка (25,00 мл);
- воронка стеклянная для бюретки;
- пипетка Мора (20,00 мл);
- груша для пипетки Мора;
- стакан для слива (500-600 мл);
- стакан для отбора проб (50 мл; 2 шт.);
- промывалка с дистиллированной водой;
- колба коническая для титрования (~250 мл) – 3 шт.

Определение точной молярной концентрации раствора нитрата серебра

(стандартизация ~0,02 М раствора AgNO_3)

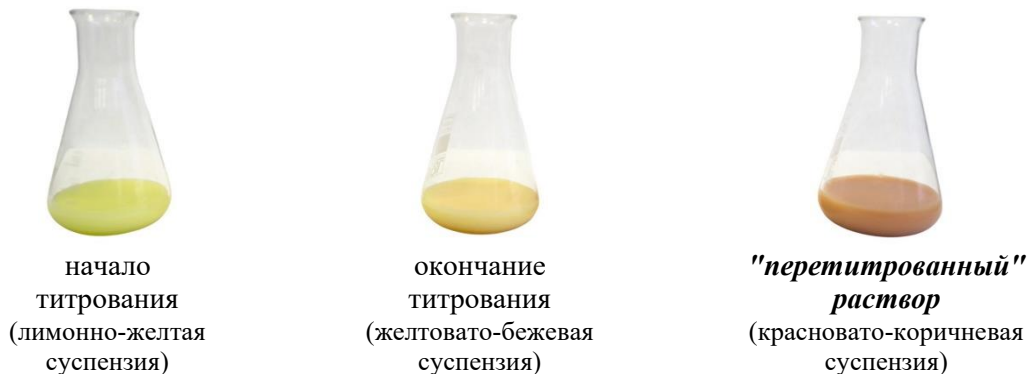
Предоставленная Вам бюретка изначально заполнена дистиллированной водой. Перед началом титрования ее необходимо подготовить – "выпустите из носика воздух", не допуская слива воды из шланга с носиком; дважды промойте ее раствором нитрата серебра; установите уровень мениска раствора на нулевой отметке (не забыв заранее убрать воронку из бюретки).

В колбу для титрования с помощью пипетки Мора отберите аликвоту 20,00 мл стандартного раствора хлорида натрия (его точная концентрация указана на банке) и добавьте

* Значащие цифры – это все цифры числа, начиная с первой ненулевой слева и заканчивая последней записанной справа (включая нули между ними и нули в конце, если они указывают на точность измерения). Они определяют точность числового значения.

10 капель ~5 %-го раствора хромата калия. Медленно, при постоянном перемешивании, титруйте раствор в колбе раствором нитрата серебра из бюретки до устойчивого изменения окраски суспензии из лимонно-желтой (в начале титрования) до желтовато-бежевой (конечная точка титрования).

Не допускайте красновато-коричневой окраски суспензии ("перетитрованный" раствор)!



Рекомендуем Вам одну из колб с полученной суспензией *желтовато-бежевого цвета* (конечная точка титрования) оставить в качестве "свидетеля".

Во время титрования хлорид серебра частично осаждается тонким слоем на стенках колбы. После титрования содержимое колбы вылейте в емкость с надписью "Слив серебра". Колбу дважды сполосните водопроводной водой, а после – все ее стенки сполосните небольшим количеством (15-20 мл) раствора тиосульфата натрия. Затем колбу вновь промойте водопроводной водой, а после дважды ополосните дистиллированной водой. Все "промывные воды" выливают в раковину.

Проведите четыре титрования по определению точной концентрации AgNO_3 . Результаты титрования запишите в приведенную ниже таблицу.

№ титрования	$V_1 (\text{AgNO}_3)$, мл (объем измерен с точностью не менее 0,05 мл)
1	
2	
3	
4	

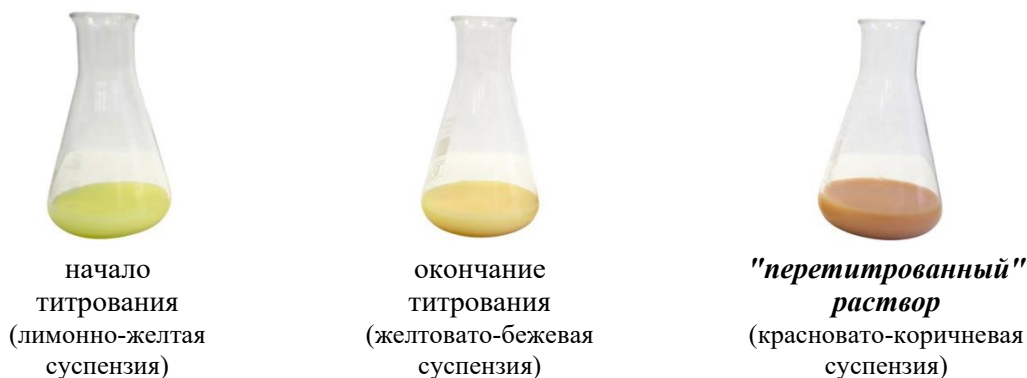
Руководствуясь сходящимися результатами титрования (объемы не должны отличаться более чем на 0,10 мл) рассчитайте среднее значение объема $V_{1 \text{ средн.}} (\text{AgNO}_3)$ и концентрации раствора AgNO_3 с точностью до четырех значащих цифр.

Определение содержания хлорид-ионов в пробе фильтрата

В мерной колбе (250,0 мл) Вам предоставлен количественно собранный фильтрат, полученный после предварительной пробоподготовки исходного комплексного соединения состава " $\text{CoCl}_3 \cdot x\text{NH}_3$ ". Этот фильтрат имеет практически нейтральную реакцию среды, поэтому для определения содержания хлорид-ионов можно использовать метод аргентометрического титрования по Мору.

Выданную Вам в мерной колбе пробу доводят до метки дистиллированной водой и тщательно перемешивают раствор, аккуратно переворачивая колбу 10-12 раз, придерживая при этом пробку.

В колбу для титрования с помощью пипетки Мора отберите аликвоту 20,00 мл приготовленного раствора в мерной колбе и добавьте 10 капель ~5 %-го раствора хромата калия. *Медленно, при постоянном перемешивании*, титруйте раствор в колбе раствором нитрата серебра из бюретки до устойчивого изменения окраски суспензии из лимонно-желтой (в начале титрования) до желтовато-бежевой (конечная точка титрования).



Рекомендуем Вам одну из колб с полученной суспензией *желтовато-бежевого цвета* (конечная точка титрования) оставить в качестве "свидетеля".

Во время титрования хлорид серебра частично осаждается тонким слоем на стенках колбы. После титрования содержимое колбы вылейте в емкость с надписью "Слив серебра". Колбу дважды сполосните водопроводной водой, а после – все ее стенки сполосните небольшим количеством (15-20 мл) раствора тиосульфата натрия. Затем колбу вновь промойте водопроводной водой, а после дважды ополосните дистиллированной водой. Все "промывные воды" выливают в раковину.

Проведите четыре титрования по определению хлорид-ионов. Результаты титрования запишите в приведенную ниже таблицу.

№ титрования	V_2 (AgNO_3), мл (объем измерен с точностью не менее 0,05 мл)
1	
2	
3	
4	

Руководствуясь сходящимися результатами титрования (объемы не должны отличаться более чем на 0,10 мл) рассчитайте среднее значение объема $V_{2 \text{ средн.}} (\text{AgNO}_3)$ и массу хлорид-ионов в выданной пробе *с точностью до четырех значащих цифр*.

Молярная масса хлора равна 35,453 г/моль.