

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Кемеровский государственный университет
Институт фундаментальных наук
Кафедра фундаментальной и прикладной химии

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
к выполнению курсовой работы по аналитической химии
(для студентов 2-го курса специальности
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия)

Кемерово 2020

СОДЕРЖАНИЕ

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
II. ПЛАНИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ.....	4
III. ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	6
IV. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ	8
Приложение 1	13
Приложение 2	14

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Курсовая работа по аналитической химии – это одна из обязательных форм учебной работы студентов 2 курса, предусмотренная учебным планом подготовки по специальности 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия.

2. Курсовая работа по аналитической химии направлена на развитие у студентов навыков самостоятельной работы по химическому анализу, на получение представлений об элементах научной работы, на развитие познавательной активности студентов.

3. Курсовая работа по аналитической химии обеспечивает закрепление, практическое освоение и углубление знаний по аналитической химии, формирование умений и навыков химика – аналитика, дает возможность студенту развивать и использовать приемы логического мышления.

II. ПЛАНИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ

1. Содержание курсовых работ должно соответствовать утвержденной рабочей программе по дисциплине «Аналитическая химия» и определяется кафедрой фундаментальной и прикладной химии.

Варианты курсовых работ	
Качественный анализ смеси сухих солей №1. Количественное определение хлорид-ионов.	
Качественный анализ смеси сухих солей №2. Количественное определение ионов свинца.	
Качественный анализ смеси сухих солей №3. Количественное определение бромид-ионов.	
Качественный анализ смеси сухих солей № 4. Количественное определение ионов цинка.	
Качественный анализ смеси сухих солей № 5. Количественное определение сульфат-ионов.	
Качественный анализ смеси сухих солей № 6. Количественное определение ионов марганца.	
Качественный анализ смеси сухих солей №7. Количественное определение карбонат-ионов.	
Качественный анализ смеси сухих солей № 8. Количественное определение ионов кобальта.	
Качественный анализ смеси сухих солей № 9. Количественное определение роданид-ионов.	
Качественный анализ смеси сухих солей №10. Количественное определение ионов меди.	
Качественный анализ смеси сухих солей №11. Количественное определение иодид-ионов.	
Качественный анализ смеси сухих солей №12. Количественное определение ионов бария.	
Качественный анализ смеси сухих солей №13. Количественное определение сульфит-ионов.	
Качественный анализ смеси сухих солей №14. Количественное определение ионов аммония.	
Качественный анализ смеси сухих солей №15. Количественное определение фосфат-ионов.	
Качественный анализ смеси сухих солей №16. Количественное определение ионов алюминия.	
Качественный анализ смеси сухих солей №17. Количественное определение ацетат-ионов.	
Качественный анализ смеси сухих солей № 18. Количественное определение ионов никеля.	
Качественный анализ смеси сухих солей №19. Количественное определение ионов хрома.	
Качественный анализ смеси сухих солей №20. Количественное определение ионов кадмия.	
Качественный анализ смеси сухих солей №21. Количественное определение ионов железа.	
Качественный анализ смеси сухих солей №22. Количественное определение ионов кальция.	

2. К выполнению курсовой работы допускаются студенты, выполнившие лабораторный практикум в соответствии с календарным планом, не имеющие задолженностей в сдаче теоретической части дисциплины «Аналитическая химия» и получившие допуск у преподавателя, ведущего занятия.

3. Задания на курсовую работу носят индивидуальный характер и

выдаются персонально каждому студенту лектором с учетом уровня подготовленности студентов.

4. Курсовая работа по аналитической химии выполняется в два этапа, каждый из которых является завершающим в изучении основных разделов аналитической химии (качественного и количественного химического анализа).

4.1. Первая экспериментальная часть курсовой работы выполняется в течение двух лабораторных занятий 3-го семестра согласно календарному плану после прослушивания студентами лекций и выполнения лабораторного практикума по качественному анализу. Результат выполнения этого этапа оценивается согласно § IV п.1.

4.2. Вторая экспериментальная часть курсовой работы выполняется в течение двух лабораторных занятий 4-го семестра согласно календарному плану после прослушивания студентами лекций и выполнения лабораторного практикума по количественному химическому анализу. Результат выполнения этого этапа оценивается согласно § IV п.3.

5. Студент, выполняющий курсовую работу по аналитической химии, вправе консультироваться у преподавателя, ведущего занятия.

6. Студент должен завершить работу в сроки, установленные календарным планом занятий по аналитической химии.

Для подготовки к выполнению и оформлению курсовой работы студент может воспользоваться рекомендуемой литературой:

1. Методы обнаружения и разделения элементов / Под ред. И.П. Алимарина. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. – 206 с.
2. Дерффель, К. Статистика в аналитической химии / К. Дерффель, пер. с нем. – М.: Мир, 1994. 247 с.
3. Чарыков, А. К. Математическая обработка результатов химического анализа / А. К. Чарыков. – М.: Химия, 1984. – 167 с.
4. Лурье, Ю. Ю. Справочник по аналитической химии / Ю. Ю. Лурье. – М.: Химия, 1980. – 480 с.

5. Алексеев, В.Н. Курс качественного химического полумикроанализа. – М.: Химия, 1973.– 584 с. Пиккеринг, У.Ф. Современная аналитическая химия. - М.: Химия, 1977. – 558 с.
6. Алексеев, Владимир Николаевич.
Количественный анализ [Текст] : учебник для вузов / В. Н. Алексеев ; под ред. П. К. Агасяна. - 5-е изд., репринтное воспроизводство издания 1972 г. - Москва : Альянс, 2013. - 504 с.
7. Алексеев, Владимир Николаевич.
Курс качественного химического полумикроанализа [Текст] : учебник для вузов / В. Н. Алексеев. - 6-е изд., стер., перепечатка с пятого издания 1973 г. - Москва : Альянс, 2013. - 584 с.
8. ГОСТ 7.1-2003 СИБИД. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004. – 166 с. (http://diss.rsl.ru/datadocs/doc_291wu.pdf, дата обращения – 15.01.2020).
9. Серебренникова, Наталья Всеволодовна. Вольтамперометрия [Текст] : учеб. пособие / Н. В. Серебренникова, Н. В. Иванова ; Кемеровский гос. ун-т. - 2-е изд., перераб. и доп. - Кемерово : Кузбассвузиздат, 2007. - 83 с.
10. Дж. Уильямс. Определение анионов. Москва: Изд-во "Химия", 1982. - 624 с.
11. Качественный анализ: учебно-методическое пособие для студентов 2 курса химического факультета / ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»; сост. Г.Н. Шрайбман, О.Н. Булгакова, Н.В. Иванова. - Кемерово, 2012. - 80 с.
12. Количественный химический анализ: учебно-методическое пособие для студентов 2 курса химического факультета / ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»; сост. Г.Н. Шрайбман, О.Н. Булгакова, Н.В. Иванова. - Кемерово, 2012. - 80 с.
13. Крешков А.П. Основы аналитической химии. Кн.1. Теоретические основы. Качественный анализ. Учебник . Издание 3-е (переработанное). М: Изд-во Химия, 1970.- 380 с.
14. Крешков А.П. Основы аналитической химии. Кн.1. Теоретические основы. Количественный анализ. Учебник . Издание 3-е (переработанное). М: Изд-во Химия, 1971.- 352 с.

III. ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Отчет о выполнении курсовой работы по аналитической химии должен включать следующие разделы:

Титульный лист. *Форма титульного листа приведена в Приложении 1.*

Содержание. Перечень разделов с указанием страниц.

1. Литературный обзор.

1.1. Способы подготовки пробы к анализу. Анализ смеси сухих солей.

1.2. Качественный анализ катионов и анионов. Схемы анализа смеси катионов и анионов.

1.3. Методы количественного анализа одного из компонентов (соответствующего заданию) исследуемой смеси.

2. Экспериментальная часть. *Предварительные испытания, дробный и систематический анализы. Уравнения реакций в качественном и в количественном анализе. Пример оформления этого раздела приведен в Приложении 2.*

2.1. Подготовка исследуемой смеси к анализу. *Результаты предварительных испытаний, включая пробы на растворимость.*

2.2. Определение катионов, содержащихся в исследуемой смеси. *Приведение реакций разделения для найденных катионов и реакций их обнаружения, давших положительный результат (аналитический эффект).*

2.3. Определение анионов, содержащихся в исследуемой смеси. *Приведение реакций разделения и обнаружения, которые дали аналитический эффект.*

2.4. Подробное описание двух выбранных методик количественного анализа. *Обоснование выбора данной методики.*

2.5. Результаты количественного анализа. Расчет результатов с оценкой границ доверительного интервала. *Применение методов математической статистики. Расчет границ доверительного интервала провести по закону суммирования погрешностей.*

2.6. Сравнение дисперсий и средних.

3. Список литературы.

Страницы в отчете должны быть пронумерованы.

IV. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Состав показателей качества выполнения курсовой работы устанавливается данным положением.

Выполнение первого этапа курсовой работы (качественный анализ смеси сухих солей) оценивается в баллах по следующим показателям:

- реферативная часть;
- правильность выполнения;
- оформление экспериментальной части.

1. Правильность выполнения качественного анализа (определение качественного состава смеси) оценивает лектор (до 18 баллов). За каждый правильно определенный ион выставляется 3 балла. Студент вправе использовать две попытки проверки правильности выполнения качественного анализа. Результат этого этапа работы оценивается по истечении срока проверок, установленного календарным планом, либо досрочно при использовании студентом одной или двух попыток проверки.

Если курсовая работа не могла быть выполнена студентом по каким-либо объективным причинам, сроки выполнения работы продлеваются по письменному разрешению заведующего кафедрой.

Студент, первый этап курсовой работы которого не может быть зачтен (выполнена менее, чем на 75%), не допускается до выполнения второго этапа по количественному химическому анализу.

2. Преподаватель, ведущий занятия, оценивает оформление первой части курсовой работы по § III п.3.1, 3.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4. (до 22 баллов).

3. Выполнение второго этапа курсовой работы (количественный анализ) оценивает преподаватель, ведущий занятия по аналитической химии (до 20 баллов). При этом принимается во внимание сложность варианта курсовой работы, обоснованность выбора методики анализа, ошибка

количественного определения, погрешность количественного определения (до 20 баллов), качество отчета по выполнению обоих этапов курсовой работы и результат защиты.

Отчет по выполнению курсовой работы должен содержать все разделы, указанные в § III данного положения (до 20 баллов).

4. Выполненная и оформленная курсовая работа представляется к защите (до 20 баллов). Защита курсовой работы производится на одном - двух практических занятиях. Студент докладывает о своей работе в течение 5-7 минут. Доклад должен содержать следующие пункты:

- катионный и анионный состав исследуемой смеси солей;
- объект количественного анализа;
- краткий обзор методик количественного определения катиона (аниона);
- обоснование выбора двух применяемых методик из общего числа обзореваемых;
- описание определения катионов (анионов) по первой методике, например, титриметрической: указывается основная химическая реакция, метод, прием, способ титрования, расчет эквивалента определяемого катиона (аниона), способ фиксации точки эквивалентности, конечная формула расчета результата анализа, погрешность определения;
- краткое изложение электрохимической методики с указанием метода анализа, если титрование, то: метод, прием, способ титрования, расчет эквивалента определяемого катиона (аниона), способ фиксации точки эквивалентности, погрешность определения;
- мешающее действие катионного и анионного окружения.

По общему итогу выполнения курсовой работы по аналитической химии ставится дифференцированный зачет с оценкой, которая складывается из показателей, приведенных в § IV п. 1 – 4.

Оценивание курсовой работы:

разделы	Максимальный балл
правильность установления качественного состава смеси сухих солей (идентификация);	20
оформление экспериментальной части (качественный анализ);	20
правильность выполнения количественного анализа компонента смеси сухих солей (погрешность анализа)	20
оформление экспериментальной части (количественный анализ);	20
защита курсовой работы (доклад, ответы на вопросы)	20
итого	100

Композиция зачётного занятия по оценке курсовой работы

Части зачётного занятия	Количество компонентов	Кол-во баллов за один компонент	Максимальное число баллов
Ответы на вопросы	1	10	10
Качество доклада	1	10	10
Отчет по курсовой работе	1	40	40
Всего баллов			60

Общее время защиты на зачётном занятии 15 минут

а) Критерии оценивания частей задания

Кол-во баллов	Описание
Оценивание ответа на вопросы	
оценивается качество ответа (его общая композиция, логичность, убежденность, общая эрудиция, полнота, аргументированность)	
10	ответы на вопросы полные с приведением примеров и/или пояснений; вопрос раскрыт, изложен логично, без существенных ошибок; обучающийся демонстрирует умение оперировать специальными терминами, использование при ответе дополнительного материала
8	ответы на вопросы полные и/или частично полные с приведением примеров и/или пояснений; вопрос раскрыт не менее, чем на 80%, изложен логично, без существенных ошибок; обучающийся демонстрирует умение оперировать специальными терминами; в ответе могут быть неточности, делаются не вполне законченные выводы и обобщения
6	на вопрос дан схематичный, неполный ответ; вопрос раскрыт не менее, чем на 60%; при ответе студент демонстрирует: умение оперировать специальными терминами, неумение

	приводить примеры практического применения; обучающийся даёт ответы только на элементарные дополнительные вопросы
4	дан неверный ответ и/или в ответе на вопрос допущены грубые ошибки, демонстрирующие слабые знания или их отсутствие по изучаемой дисциплине; вопрос раскрыт менее, чем на 50%, допущены ошибки в определении понятий, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов; неправильный ответ на дополнительные вопросы (обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного материала)
Оценивание отчёта по курсовой работе	
оценивается качество содержания и оформления отчёта (требования к содержанию и оформлению отчёта представлены в приложении 1)	
40	отчёт содержит все необходимые сведения по итогам практики, написан грамотно, текст отчёта отформатирован, приведён список используемой литературы и интернет ресурсов, оформленный в соответствии с ГОСТ 7.1-2003; материал изложен логично; теоретические положения органично сопряжены с практикой; приведены таблицы сравнений, графики, диаграммы и т.д., показывающие умение автора формализовать результаты исследования; широко представлена библиография по теме работы.
32	отчёт отвечает основным требованиям, предъявляемым к отчётам в соответствии с Положением, но имеет незначительные недочёты в отдельных компонентах.
24	в отчёте имеются недочёты; имеет место определённое несоответствие содержания работы заявленной теме; нарушена логика изложения материала, задачи раскрыты не полностью; теоретические положения слабо увязаны с практикой; библиография по теме работы составлена с нарушениями требований, не соответствует тематике или отсутствует.
16	отчёт не сдан или имеются существенные недостатки, как в форме, так и в содержании отчёта
Оценивание качества доклада	
оценивается соответствие содержания доклада содержанию работы; качество изложения материала (владение профессиональной терминологией, способность создавать содержательные презентации, владение современными средствами телекоммуникаций, навыки ведения дискуссии на профессиональные темы и т.д.)	
10	соответствие содержания доклада содержанию работы; чётко обозначены цели, задачи работы; результаты работы изложены ясно, логично, полно; выводы по работе соответствуют цели, задачам, обоснованы и аргументированы; стиль оформления соответствует эргономическим требованиям; язык изложения материала понятен аудитории; докладчик демонстрирует готовность к дискуссии, владение профессиональной терминологией; свободное владение текстом доклада и т.д.
8	содержания доклада в основном соответствует содержанию работы; обозначены цели, задачи работы; результаты работы изложены ясно, логично, полно; выводы по работе в основном соответствуют цели, задачам, обоснованы; язык изложения материала понятен аудитории; докладчик демонстрирует владение профессиональной терминологией, владение текстом доклада, но допускает неточности, незначительные ошибки в трактовке результатов работы.
6	имеет место определённое несоответствие содержания доклада содержанию проделанной работы; не чётко обозначены цели, задачи работы; результаты работы изложены неполно, отсутствует логика изложения результатов исследования; выводы по работе не соответствуют цели, задачам, не обоснованы; не приведены таблицы сравнений, графики, диаграммы и т.д., стиль оформления не соответствует эргономическим требованиям; язык изложения материала понятен аудитории; докладчик демонстрирует владение текстом доклада, но допускает значительные неточности, ошибки в трактовке результатов работы.

4	<p>презентация выполнена на низком уровне или отсутствует; имеет место несоответствие содержания доклада содержанию проделанной работы; не обозначены цели, задачи работы; отсутствует логика изложения результатов практики; отсутствуют выводы по работе; не проведена обработка и объяснение полученных в ходе практики данных; студент демонстрирует поверхностное понимание работы или её непонимание; не было попытки решить задачу; содержание доклада не соответствует выданному заданию на практику; представленный доклад по итогам практики содержит существенные теоретико-методологические ошибки и поверхностную аргументацию основных положений; теоретические положения не увязаны с практикой либо отсутствуют; докладчик не демонстрирует владение текстом доклада, допускает значительные неточности, ошибки в трактовке результатов работы.</p>
---	---

Шкала перевода баллов в оценку

Средний балл по 100-балльной шкале	Оценка
86-100	Зачтено с оценкой «отлично»
66-85	Зачтено с оценкой «хорошо»
51-65	Зачтено с оценкой «удовлетворительно»
0-50	Не зачтено

Автор: к.п.н., доцент Булгакова О.Н.

ОБРАЗЕЦ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Кемеровский государственный университет
Институт фундаментальных наук
Кафедра фундаментальной и прикладной
химии

Работа защищена
с оценкой _____
Зав. кафедрой ФиПХ,
_____ Ф.И.О.
«__» _____ 202_г.

АНАЛИЗ СМЕСИ СОЛЕЙ №...
КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ.....
Курсовая работа по аналитической химии

Преподаватель:
Ф.И.О. _____
«__» _____ 201_г.
Студент:
Ф.И.О. _____
«__» _____ 201_г.

Кемерово 202_г.

II. Экспериментальная часть

Качественный анализ

В анализируемой смеси солей находится три аниона и три катиона. В задаче не может быть катионов Sr^{2+} , $[\text{Hg}_2]^+$, As^{3+} , As^{5+} , Sb^{5+} , Na^+ .

Рассматриваем пробу сухого вещества: соль содержит кристаллы голубого, зелёного, желтого и белого цвета. Через 7 дней соль поменяла цвет, она стала светлее. Предполагается, что кристаллы синего цвета указывают на возможное присутствие солей меди, зелёные – никеля и меди, желтые – железа (III). Белые кристаллы свидетельствуют об отсутствии солей окрашенных катионов.

Растворение в воде. В воде растворяются большинство нитратов, галогенидов, сульфатов и ацетатов. Только в водной вытяжке находятся катионы K^+ , NH_4^+ и анионы NO_2^- и NO_3^- . Некоторые соли, растворяясь в воде, гидролизуются с образованием осадков гидроксидов или основных солей, растворимых в кислотах.

Исследуемую смесь растворили в воде (H_2O) при комнатной температуре и нагрели. Частично выпал белый осадок, следовательно, в смеси присутствуют труднорастворимые соли.

Растворение в HNO_3 . Полученный раствор используют для обнаружения катионов. Если при этом остаётся белый остаток, то, вероятнее всего, в нём содержатся нерастворимые сульфаты (BaSO_4 , SrSO_4 , CaSO_4 , PbSO_4) и/или AgCl , AgBr , AgI .

Исследуемую смесь растворили в 6Н HNO_3 при нагревании. Исследуемый раствор растворился полностью. Можно сказать, что 1 и 2 группы катионов в растворе отсутствуют.

Анализ смеси катионов

Дробный анализ катионов

Анализ смеси катионов 1-6 групп начинают с предварительных испытаний на катионы: NH_4^+ , Cr^{3+} , Sn^{2+} , Fe^{2+} , Ni^{2+} , Bi^{3+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} .

Проводим пробы на присутствие катионов:

NH_4^+ с реактивом Несслера; Ni^{2+} с реактивом Чугаева; Bi^{3+} реакцией восстановления до металлического висмута солями олова(II); Mn^{2+} с висмутатом натрия; ни одна из проб не даёт нужного аналитического эффекта, что свидетельствует об отсутствии данных катионов в задаче.

Систематический анализ катионов.

Отделение катионов 1 группы. При добавлении к задаче раствор HCl, осадок не образовался; это свидетельствует об отсутствии катионов первой группы.

Отделение катионов 2 группы. При добавлении к задаче 2Н раствора H₂SO₄ осадок не образовался; это свидетельствует об отсутствии катионов второй группы.

Отделение 3 аналитической группы от катионов 4 – 5 групп.

К раствору, содержащему смесь катионов 3-5 групп, прибавляют... и т.д.

Количественный анализ

Выполнение экспериментов:

Метод добавок. Сначала снимают вольтамперограмму анализируемого раствора, затем в этот же электролизёр добавляют стандартный раствор определяемого иона с точно известной концентрацией с таким расчетом, чтобы пик вырос примерно вдвое. Снимают вольтамперограмму в тех же условиях и делают расчет по формулам:

$$\frac{C_x}{C_{\Sigma}} = \frac{h_x}{h_{\Sigma}}$$

$$h_{\Sigma} = h_{\text{общ}} - h_x$$

где $h_{\text{общ}}$ – суммарная высота пика определяемого вещества в анализируемом и добавляемом растворах, C_{Σ} – концентрация стандартного раствора добавляемого иона, возникающая в электролизёре.

Концентрацию определяемого иона, введенного в электролизёр в виде стандартного раствора, вычисляют по формуле:

$$C_x = \frac{C_{\Sigma} \times V_{\Sigma}}{V_{\Sigma} + V_x}$$

где V_{Σ} – объём стандартного раствора, добавленного в электролизёр, V_x – объём анализируемого раствора в электролизёре, C_{Σ} – первоначальная концентрация стандартного раствора.

Суммарная формула для расчета неизвестной концентрации имеет вид:

$$C_x = \frac{C_{\Sigma} \times V_{\Sigma}}{V_{\Sigma} + V_x} \times \frac{h_x}{h_{\text{общ}} - h_x}$$

Преимущество метода добавок перед методом стандарта и методом калибровочных кривых в том, что он позволяет наиболее полно учесть влияние примесей при анализе реальных объектов.

Ход определения и расчет результатов:

Была дана задача в мерной колбе на 100 мл. Из колбы взяли 5 мл пробы, разбавили аликвоту в 10 раз в мерной колбе на 50 мл. Из разбавленного раствора берём аликвоту 0,05 мл и добавляем в ячейку.

Концентрация стандартного раствора меди: $C(\text{CuSO}_4) = \times 10^{-4} \text{M}$.

Снимаем вольтамперограмму:

Измеряем высоты пиков: $h_1 = 6,1 \text{ см}$; $h_2 = 6,2 \text{ см}$; $h_{\text{ср}} = 6,15 \text{ см}$.

Переводим высоту пиков в мкА: $10 \text{ см} - 5 \text{ мкА}$

$6,15 \text{ см} - 3,075 \text{ мкА}$

Определяем по графику (построенному при определении концентрации стандартного раствора меди) объем добавки стандартного раствора сульфата меди: $V = 0,06 \text{ мл}$.

В ячейку было добавлено... и т.д.