

# Новые материалы

2022/23 учебный год

## Второй отборочный этап

### Электрохеометрия динамических систем: анализ временных рядов токов электродных процессов

Электрометрия является наиболее известным общим названием методов измерения электрических сигналов, одной из целей которого является описание количественного состояния исследуемых объектов, участвующих в переносе заряженных частиц, т. е. электронов и ионов. Так, например, лампочка, которая загорается при пропускании электрического тока, с помощью двух электродов, помещенных в раствор, сигнализирует о наличии в растворе ионов. Отсутствие ионов не позволяет лампочке гореть. Это простейший пример датчика электропроводности растворов. Более сложные по комплектации, уровню чувствительности и механизму работы датчики основаны на применении гальваностата, потенциостата, кулонометра, кондуктометра, импедансметра и др. В практическом значении такие устройства позволяют оперативно (быстро, экспрессно) решать задачи мониторинга как статических параметров объекта, так и его динамических (изменяющихся во времени) свойств. Одними из таких характеристик являются коррозионная устойчивость материалов, коррозионная активность среды, в которой эксплуатируется металлическое изделие. Согласитесь, несложно привести примеры из жизни, где коррозия должна быть под бдительным контролем специалистов, в том числе с использованием автоматизированных датчиков мониторинга коррозии. Электрометрические измерения здесь играют не последнюю роль. Такие задачи постоянно решают ученые, специалисты в области авиационной техники, нефтедобывающей промышленности, трубопроводного транспорта, автомобилестроения и т.п. И в этом пути решения задач играет роль комплекс компетенций (химики, физики, программисты, аналитики данных и др). Вы, как бдительные молодые ученые, уже заметили, что авторы задачи включили в название темы легенды слово ХЕМО (как часть слова Хеометрика). Объединяя электрометрию и хеометрию авторы подсказывают Вам, что для успешного решения олимпиадной задачи необходимо применить знания в области и электроаналитической химии, и анализа многомерных данных, а в некоторых случаях — и в сфере программирования (например, для скоростного преобразования и экспорта данных). В этой связи вольтамперометрия является уникальным методом исследования и твердых веществ, и жидкостей, так как позволяет накопить Большие Данные (сигналы) об исследуемом объекте и охарактеризовать многие процессы на микроуровне сигналов за короткий промежуток времени. Электрод рассматривается как химический микрореактор, на поверхности которого, на различных его активных центрах, протекает большое многообразие физико-химических реакций и процессов.

В этом году во втором этапе НТО профиля «Новые материалы» объектом исследования является реальная модель — система, состоящая из:

- А. сплава/ детали, покрытой композитным материалом из смеси простых веществ d- и p-элементов,

---

В. раствора, имитирующего роль агрессивной среды с различными химическими компонентами/добавками.

Специалисты одного из предприятий по защите от коррозии имели цель подобрать «идеальный» раствор для снятия с детали защитного слоя и оценки его стойкости. С другой стороны, проанализировать и сами растворы, оценить какой раствор, какие добавки менее активны по их воздействию на металл. С позиции электрохимии эти два объекта в сочетании с противоэлектродом представляют собой двухэлектродную электрохимическую ячейку. Важно подчеркнуть, что при малом по времени контакте, и в отсутствии электрического тока, такая система устойчива, — электрод практически не разрушается, раствор малоактивен при малых концентрациях, нейтральным (или близким к нему) рН среды. Именно такие системы могут использоваться в качестве сенсорного блока датчиков контроля качества как исследуемых растворов, так и твердых электродных материалов. Все зависит от того, что требуется исследовать и промониторить, и насколько быстро надо дать ответ по задаче. На сегодняшнем этапе при решении частных задач второго тура каждая команда будет ближе к успеху на финале, так как ответит на вопрос «можно ли (и как это сделать), используя электрохемотрию с вольтамперометрическими измерениями, качественно и количественно оценивать коррозионную устойчивость материалов и активность среды, в которую помещен сплав?» С позиции хемотрикса это задачи распознавания образов, классификации, реализуемые с помощью, например, метода главных компонент или проекции на латентные структуры. С этими методами будет работать каждая команда на финале: с позиции химика, это задачи факторного анализа, оценка влияния химического состава, свойств конкретной добавки на ход процесса электрорастворения металлов. Очевидно, такой подход можно будет распространить и на равновесные условия коррозионных процессов. С помощью хемотрикса и электрохимии вы увидите новые явления и скрытые закономерности в электрохимических массивах данных нано- и микроамперных сигналов. Объединяя компетентности химика и информатика при первичном анализе данных, при МГК-моделировании и интерпретации результатов расчетов, определенно, вы станете ближе к экспертному уровню знаний и будете способны решить инженерную задачу финала. Но его объекты и предмет исследования мы пока не открываем. А сейчас Вам предоставлены несколько баз данных вольтамперометрических измерений: <https://disk.yandex.ru/d/1GH6aJCDkg6K2A>.

Специалисты предприятия использовали одну деталь в качестве рабочего электрода, но состав покрытия производитель не указал. Исследовали влияние 15 растворов на вольтамперометрическое поведение покрытия при вольтамперометрических условиях: 100 последовательно снятых вольтамперограмм для каждого раствора; скорость развертки, время, диапазон рабочих потенциалов вы можете найти и рассчитать в исходных txt файлах вместе со значениями токов. Схема регистрации представлена ниже. Последовательно решайте задачи с 1 по 10 — они взаимосвязаны по базам данным! К некоторым заданиям можно приступать после решения первой. И помните, у вас есть медиатека-2022 для поиска ответов и решений по адресу <https://trello.com/b/vaKcKYcJ/>.

#### **Задача IV.1.1. (3 балла)**

*Темы: электропроводность, кондуктометрия, емкостный ток.*

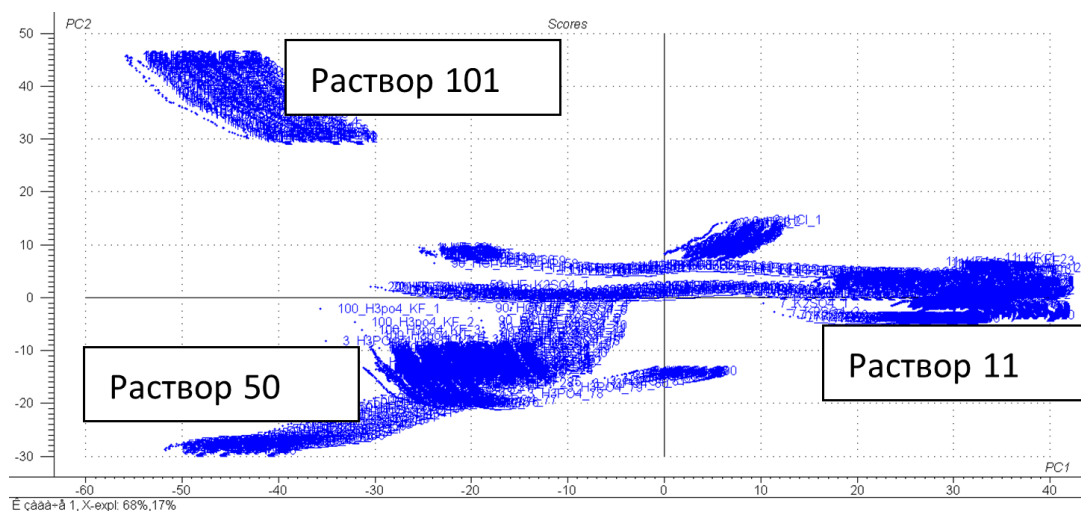
## Условие

С помощью метода главных компонент определить одну пару растворов — антиподы по электропроводности (с наименьшей и наибольшей суммарной электрической подвижностью ионов).

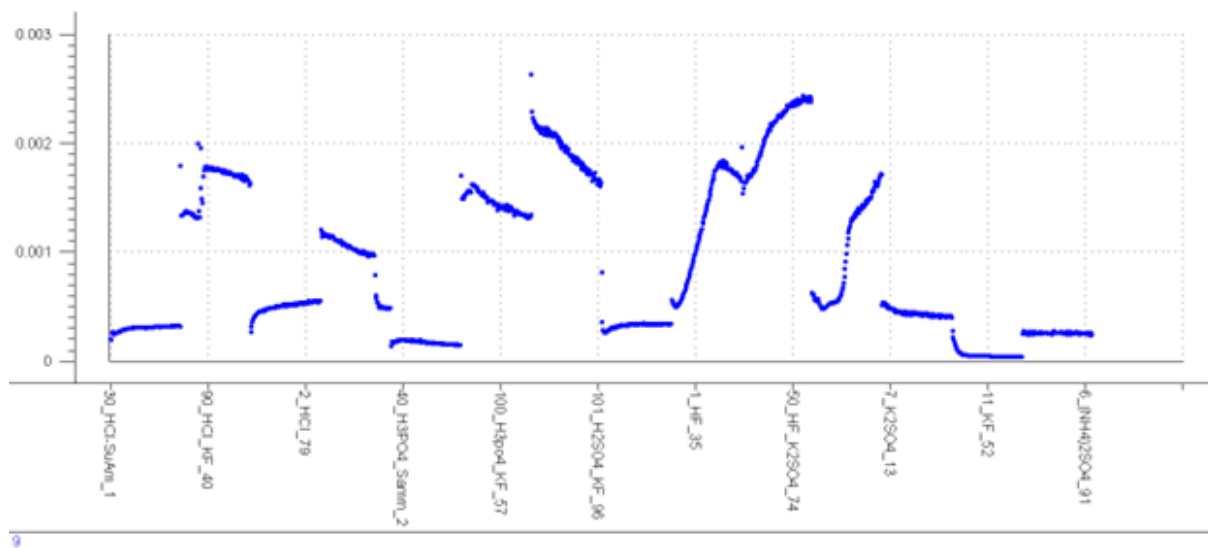
Примечание: в ответ указать номера растворов, через запятую, только цифры.

## Решение

Используем график счетов МГК-моделирования всей базы 14 вольтамперограмм.



По практике МГК-анализа вольтамперограмм растворы с разной минерализацией, разной электропроводностью, разной подвижностью занимают крайние положения вдоль первой главной компоненты. Последующие вторая, третья и т. д. главные компоненты моделируют качественные изменения в растворах. В данном случае раствор №11 имеет самые низкие значения токов, а растворы №50 и 101 — самые высокие. Это дополнительно подтверждается сравнением значений потенциалу в области емкостных токов.



Ответ: 11, 101 или 11,50.

## Задача IV.1.2. (10 баллов)

Темы: электрохимическая коррозия, вольтамперометрия, фарадеевский ток, вольтамперные временные ряды, динамическая система, хеометрия.

### Условие

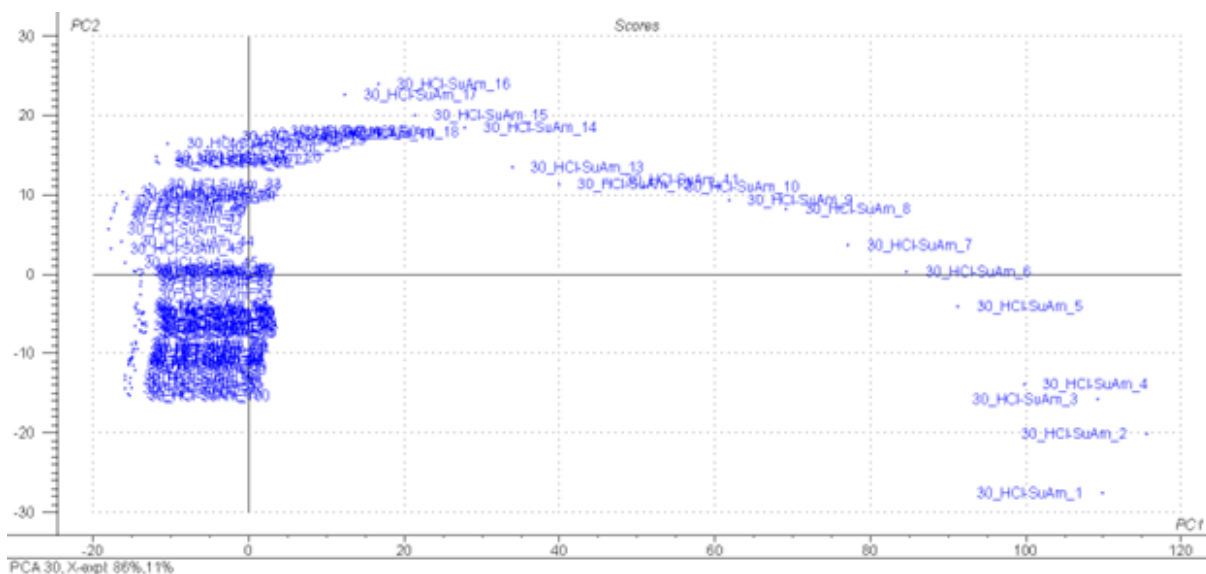
Исследователь применил темпоральный способ получения вольтамперометрических сигналов — протяженный во времени эксперимент с **непрерывной** регистрацией 100 вольтамперограмм. Необходимо построить графики счетов МГК- моделирования восьми приведенных баз данных и выбрать не менее шести растворов, в которых исследуемый сплав и компоненты растворов претерпевают не менее трех стадий электрохимических превращений (рассматривайте стадии в целом для всей ячейки электрод/раствор, но учитывайте, что чаще всего в первых 10 вольтамперограммах содержатся промахи, оценивайте их с помощью специального графика МГК-модели).

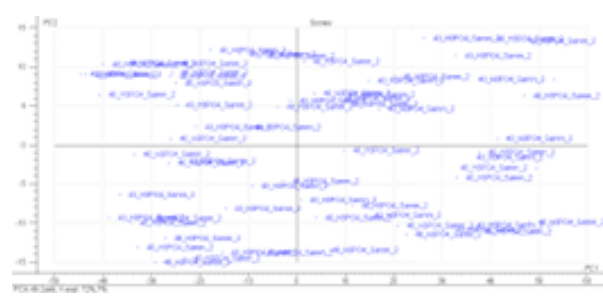
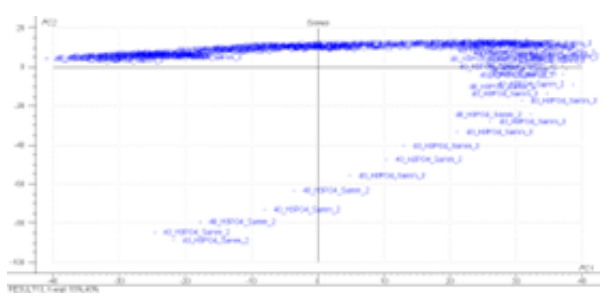
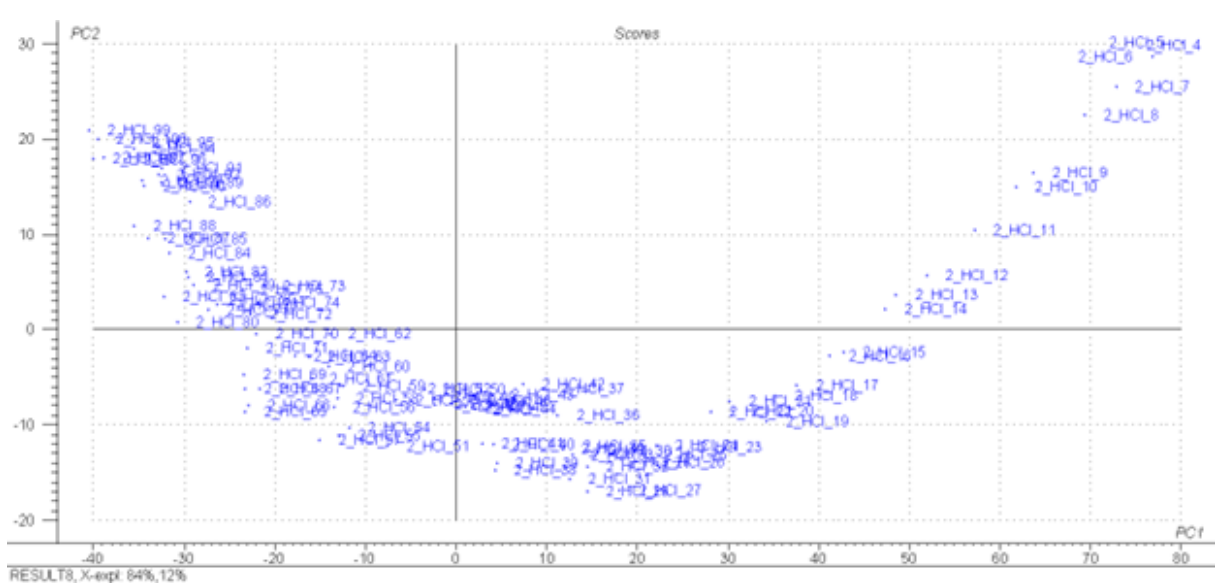
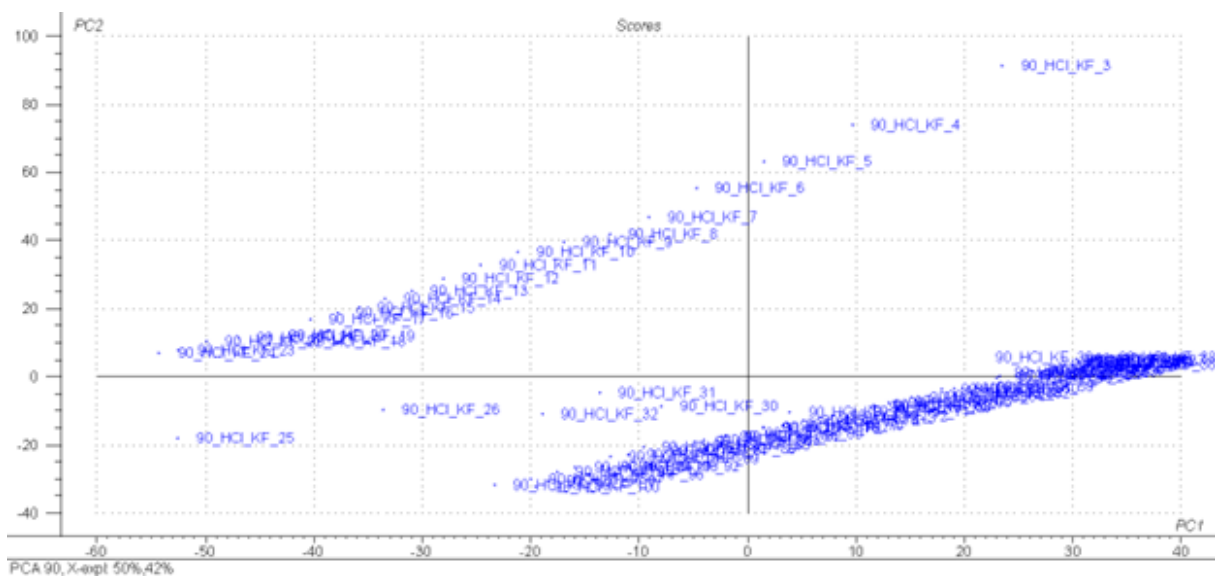
Используйте следующие базы растворов.

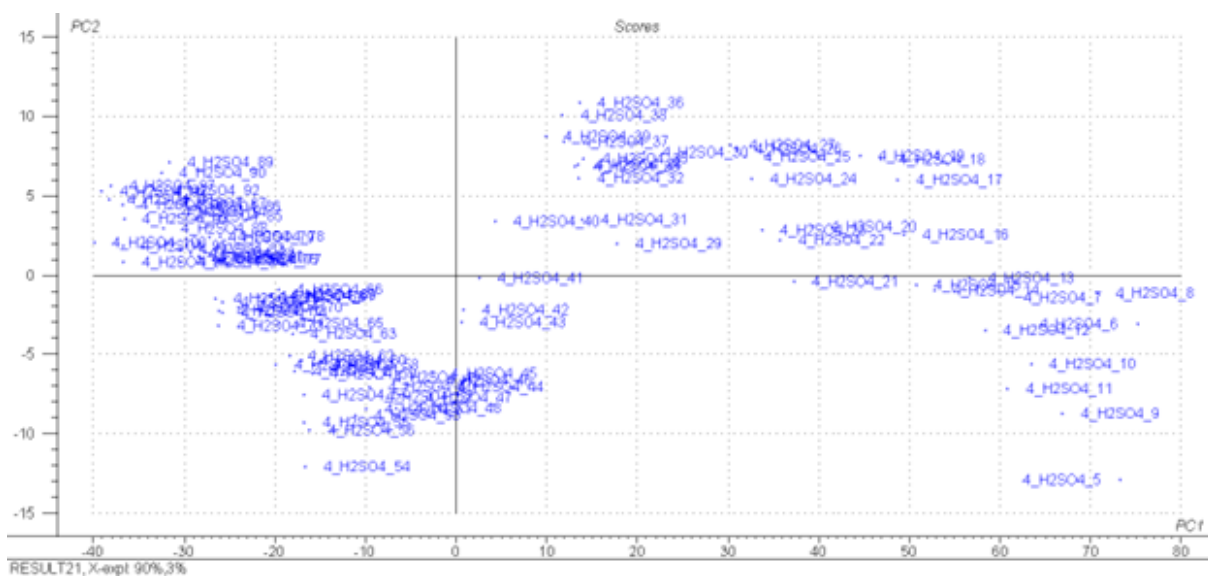
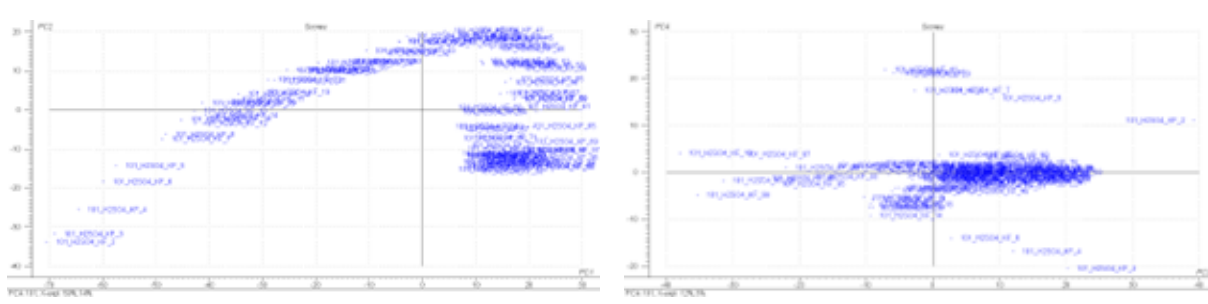
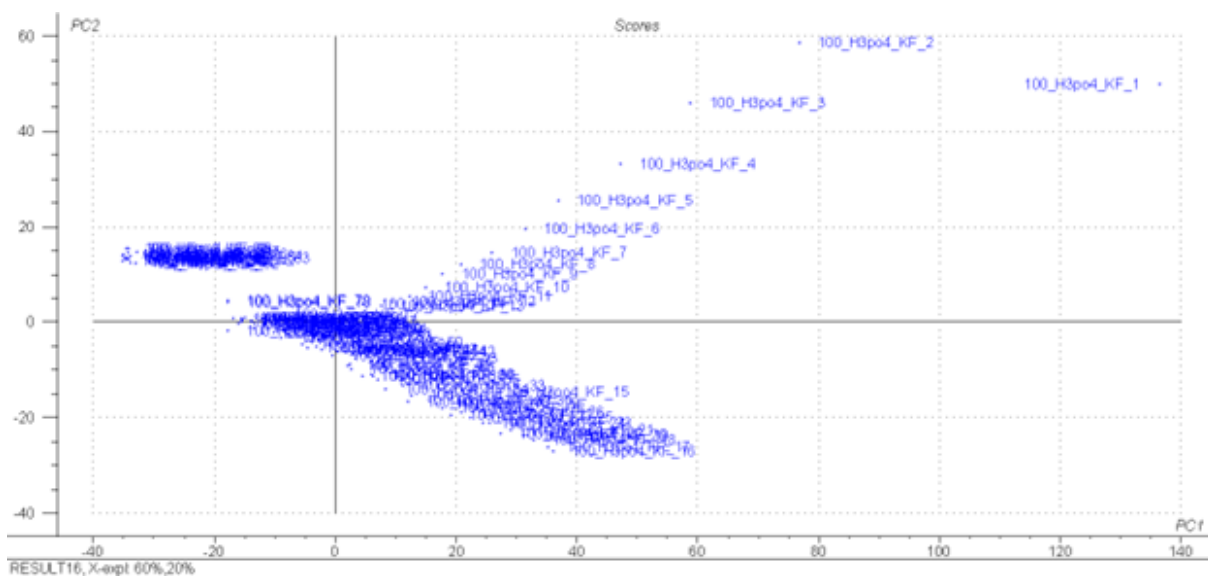
- № 30.
- № 1.
- № 2.
- № 4.
- № 40.
- № 90.
- № 101.
- № 100.

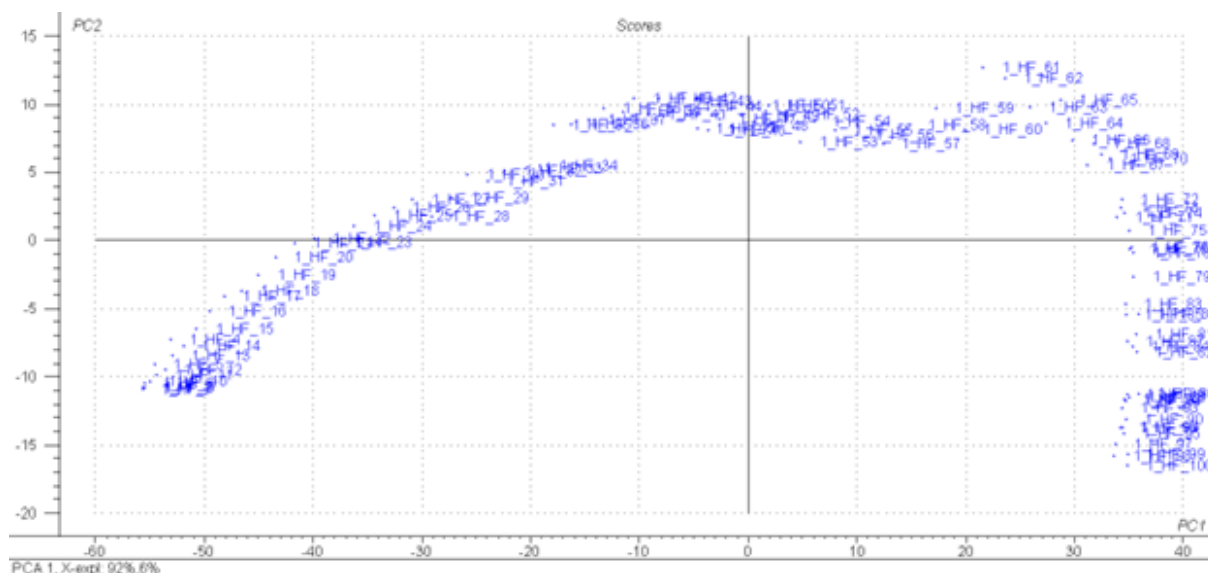
Примечание: в тестовом ответе выбрать из восьми вариантов — шесть правильных (выбрать номера растворов).

### Решение









Ответ: № 30, № 90, № 100, № 101, № 4, № 1.

### Задача IV.1.3. (2 балла)

Темы: электрохимическая коррозия, вольтамперометрия, фарадеевский ток, вольтамперные временные ряды, динамическая система, хеометрия.

#### Условие

На основании графиков счетов (используйте базы, данные для второго задания) указать номер одного раствора, который обладают наименьшей активностью растворять металлы покрытия (оказывают наименьший вклад в динамику электрохимического растворения металлических компонентов покрытия детали)? Учитывайте и знания химии по свойствам ионов.

Примечание: в ответе указать номер раствора; при ответе учитывайте, что поверхность сплава содержит композит не менее, чем два металлов!

Ответ: 2 или 40.

### Задача IV.1.4. (2 балла)

Темы: электролиз, фарадеевский ток, ОВР, электродный потенциал, ряд напряжений, активность металлов, кинетическая поляризация, двойной электрический слой.

#### Условие

Какой из приведенных типов реакции ускоряет процесс анодного растворения металлов?

- А. Комплексообразования.
- В. Горения.
- С. Органического синтеза.

D. Оксидирования.

Примечание: в ответе выбрать правильный вариант ответа.

Ответ: 1.

### Задача IV.1.5. (5 баллов)

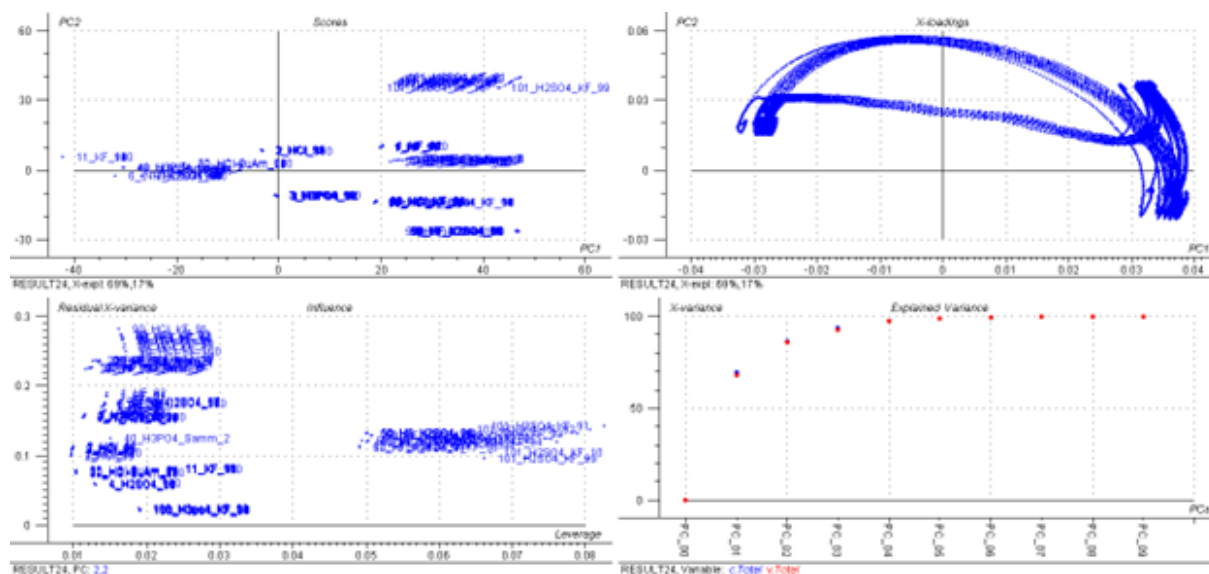
Темы: вольтамперометрия, динамические системы, метод главных компонент, хемометрия, ОВР, временной ряд.

#### Условие

Сформировать сокращенную по количеству ВАГ базу данных исследуемых образцов — включите в нее только десять последних вольтамперограмм каждого раствора (91 до 100). Постройте МГК-модель всех растворов. С использованием первых двух главных компонент установите какие два раствора являются уникальными и схожими по своему вольтамперометрическому поведению в исследуемых рабочих условиях эксперимента (анализ выбросов в МГК-модели, а также химические знания свойств классов неорганических соединений приведет к адекватному решению).

Примечание: в ответе укажите номера растворов (до трех растворов).

#### Решение



Используем график Influence – для анализа выбросов или уникальных образцов. Наибольшее влияние оказывают образцы, расположенные с большим значением Leverage – это растворы № 50 и № 101, которые имеют схожий состав по ионами.

Ответ: 50, 101.

### Задача IV.1.6. (10 баллов)

Темы: хемометрика, метод главных компонент, ток коррозии, активность металлов, вольтамперометрия, доля объясненной дисперсии, мониторинг коррозии.



## Условие

В теории и практике мониторинга коррозионных процессов для количественного описания свойств иногда используют не сами значения токов (потенциалов), а их логарифмические показатели. Преобразуйте в сокращенной матрице 5-й задачи токи в логарифмический вид и определите соответствует ли количеству полученных групп точек количеству исследуемых растворов при построении МГК- модели в пространстве первых трех главных компонент. Ответ дайте в формате числа — сколько групп наблюдаете в пространстве трех ГК.

Примечание: при наличии нуля, вместо логарифма можно оставить  $m$  в ПО Анс-крамблер; это делается и автоматически в данной программе.

## Решение

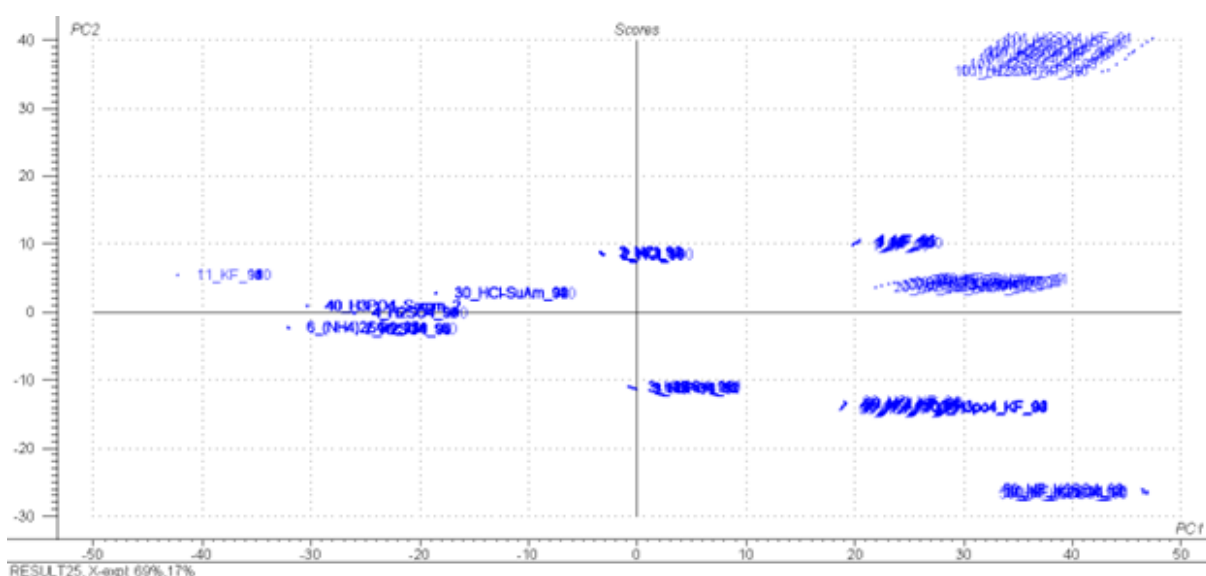
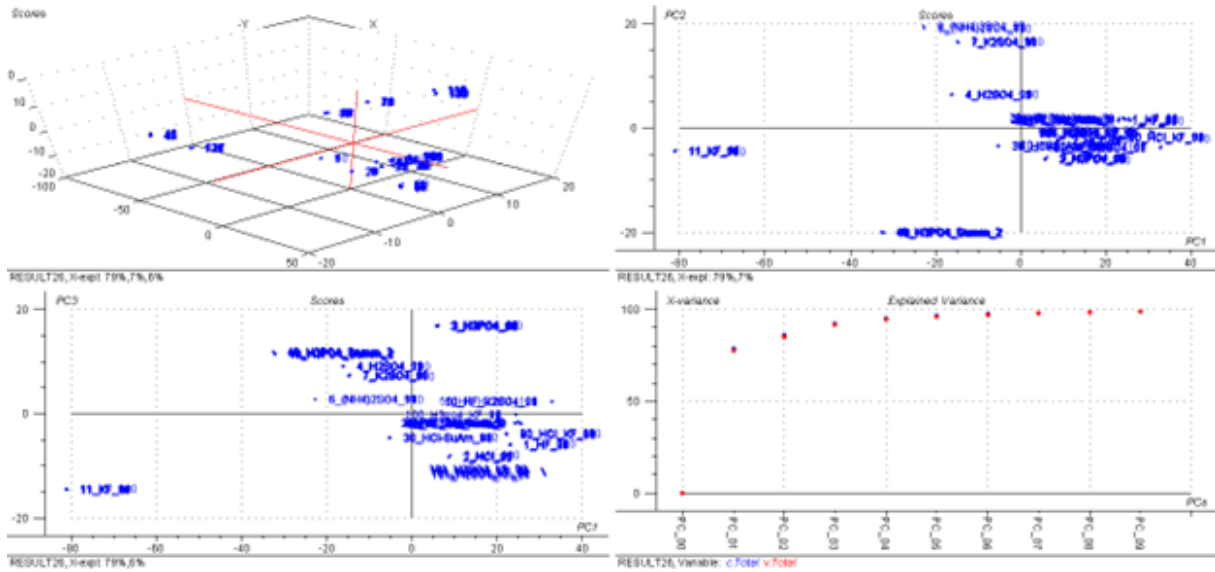


График счетов по интегральным токам.

Далее в отдельном ПО логарифмируем и заменяем интегральные токи

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
30_HCl_SuA1	2.1201e-04	2.1917e-04	2.3810e-04	2.5049e-04	2.6627e-04	2.8218e-04	2.9399e-04	3.0543e-04	3.2157e-04	3.3844e-04	3.5109e-04	3.6324e-04	3.8029e-04	3.9777e-04	4.1384e-04	4.2360e-04
30_HCl_SuA2	2.9120e-04	2.1886e-04	2.4140e-04	2.5402e-04	2.6675e-04	2.8086e-04	2.9578e-04	3.0932e-04	3.2143e-04	3.3764e-04	3.5443e-04	3.6742e-04	3.8101e-04	3.9690e-04	4.1421e-04	4.2749e-04
30_HCl_SuA3	2.9414e-04	2.1639e-04	2.3942e-04	2.5490e-04	2.6665e-04	2.7866e-04	2.9414e-04	3.0830e-04	3.2025e-04	3.3390e-04	3.5121e-04	3.6683e-04	3.7857e-04	3.9243e-04	4.1030e-04	4.2617e-04
30_HCl_SuA4	2.0531e-04	2.1617e-04	2.3737e-04	2.5467e-04	2.6781e-04	2.7887e-04	2.9333e-04	3.0998e-04	3.2348e-04	3.3558e-04	3.5054e-04	3.6734e-04	3.8165e-04	3.9448e-04	4.1011e-04	4.2698e-04
30_HCl_SuA5	2.0885e-04	2.1886e-04	2.3774e-04	2.5291e-04	2.6817e-04	2.8096e-04	2.9216e-04	3.0734e-04	3.2020e-04	3.3538e-04	3.4813e-04	3.6434e-04	3.8055e-04	3.9390e-04	4.0747e-04	4.2375e-04
30_HCl_SuA6	2.0668e-04	2.1932e-04	2.3825e-04	2.5226e-04	2.6744e-04	2.8167e-04	2.9406e-04	3.0730e-04	3.2090e-04	3.3771e-04	3.5091e-04	3.6470e-04	3.8056e-04	3.9639e-04	4.1011e-04	4.2397e-04
30_HCl_SuA7	2.0450e-04	2.1939e-04	2.4133e-04	2.5475e-04	2.6722e-04	2.8211e-04	2.9720e-04	3.0991e-04	3.2275e-04	3.3866e-04	3.5485e-04	3.6822e-04	3.8179e-04	3.9808e-04	4.1495e-04	4.2911e-04
30_HCl_SuA8	2.0845e-04	2.2042e-04	2.3846e-04	2.5453e-04	2.7059e-04	2.8292e-04	2.9436e-04	3.0917e-04	3.2524e-04	3.3837e-04	3.5099e-04	3.6602e-04	3.8282e-04	3.9544e-04	4.0930e-04	4.2558e-04
30_HCl_SuA9	2.0494e-04	2.2101e-04	2.4088e-04	2.5284e-04	2.6736e-04	2.8336e-04	2.9912e-04	3.0749e-04	3.2230e-04	3.3874e-04	3.5253e-04	3.6470e-04	3.7974e-04	3.9734e-04	4.1165e-04	4.2368e-04
30_HCl_SuA10	2.0509e-04	2.1756e-04	2.4103e-04	2.5607e-04	2.6878e-04	2.7981e-04	2.9575e-04	3.1020e-04	3.2144e-04	3.3463e-04	3.5084e-04	3.6839e-04	3.7883e-04	3.9236e-04	4.0981e-04	4.2573e-04
90_HCl_KF	1.2048e-03	1.3092e-03	1.3624e-03	1.4148e-03	1.4643e-03	1.5149e-03	1.5644e-03	1.6144e-03	1.6647e-03	1.7144e-03	1.7639e-03	1.8131e-03	1.8212e-03	1.8596e-03	1.8987e-03	1.9379e-03
90_HCl_KF	1.3010e-03	1.3262e-03	1.3845e-03	1.4422e-03	1.4887e-03	1.5332e-03	1.5777e-03	1.6222e-03	1.6677e-03	1.7132e-03	1.7587e-03	1.7878e-03	1.8279e-03	1.8677e-03	1.9106e-03	1.9512e-03
90_HCl_KF	1.3077e-03	1.3313e-03	1.3853e-03	1.4451e-03	1.4988e-03	1.5441e-03	1.5894e-03	1.6347e-03	1.6800e-03	1.7263e-03	1.7726e-03	1.8189e-03	1.8744e-03	1.9091e-03	1.9490e-03	1.9890e-03
90_HCl_KF	1.3136e-03	1.3439e-03	1.3979e-03	1.4540e-03	1.5101e-03	1.5622e-03	1.6143e-03	1.6664e-03	1.7185e-03	1.7706e-03	1.8227e-03	1.8748e-03	1.9269e-03	1.9850e-03	2.0381e-03	2.0902e-03
90_HCl_KF	1.2988e-03	1.3269e-03	1.3830e-03	1.4377e-03	1.4880e-03	1.5362e-03	1.5844e-03	1.6326e-03	1.6808e-03	1.7290e-03	1.7772e-03	1.8254e-03	1.8736e-03	1.9218e-03	1.9700e-03	2.0182e-03
90_HCl_KF	1.2914e-03	1.3180e-03	1.3720e-03	1.4274e-03	1.4744e-03	1.5252e-03	1.5760e-03	1.6268e-03	1.6776e-03	1.7284e-03	1.7792e-03	1.8300e-03	1.8808e-03	1.9316e-03	1.9824e-03	2.0332e-03
90_HCl_KF	1.3033e-03	1.3284e-03	1.3806e-03	1.4333e-03	1.4828e-03	1.5292e-03	1.5756e-03	1.6220e-03	1.6684e-03	1.7148e-03	1.7612e-03	1.8076e-03	1.8540e-03	1.9004e-03	1.9468e-03	1.9932e-03
90_HCl_KF	1.2892e-03	1.3143e-03	1.3683e-03	1.4252e-03	1.4779e-03	1.5249e-03	1.5719e-03	1.6189e-03	1.6659e-03	1.7129e-03	1.7599e-03	1.8069e-03	1.8539e-03	1.9009e-03	1.9479e-03	1.9949e-03
90_HCl_KF	1.2752e-03	1.2988e-03	1.3469e-03	1.3956e-03	1.4438e-03	1.4880e-03	1.5322e-03	1.5764e-03	1.6206e-03	1.6648e-03	1.7090e-03	1.7532e-03	1.7974e-03	1.8416e-03	1.8858e-03	1.9299e-03
90_HCl_KF	1.2619e-03	1.2922e-03	1.3476e-03	1.4000e-03	1.4503e-03	1.5006e-03	1.5509e-03	1.5921e-03	1.6324e-03	1.6727e-03	1.7130e-03	1.7533e-03	1.7936e-03	1.8339e-03	1.8742e-03	1.9145e-03
2_H2O2_91	3.3888e-04	3.5819e-04	4.0512e-04	4.2754e-04	4.6241e-04	4.7510e-04	5.0018e-04	5.3018e-04	5.4801e-04	5.8158e-04	5.8842e-04	6.1882e-04	6.3838e-04	6.5246e-04	6.7345e-04	7.1121e-04
2_H2O2_92	3.3852e-04	3.6184e-04	4.0659e-04	4.3889e-04	4.6043e-04	4.7920e-04	5.0370e-04	5.2894e-04	5.4786e-04	5.6695e-04	5.9055e-04	6.1666e-04	6.3796e-04	6.5752e-04	6.8544e-04	7.1459e-04
2_H2O2_93	3.4057e-04	3.7871e-04	4.0911e-04	4.2888e-04	4.6659e-04	4.9835e-04	5.0344e-04	5.1727e-04	5.5175e-04	5.8505e-04	5.9510e-04	6.0223e-04	6.4461e-04	6.7872e-04	6.8928e-04	7.0227e-04
2_H2O2_94	3.4895e-04	3.8954e-04	4.0714e-04	4.3844e-04	4.6937e-04	4.8705e-04	4.9445e-04	5.2056e-04	5.5644e-04	5.7515e-04	5.8835e-04	6.1476e-04	6.4619e-04	6.6816e-04	6.8275e-04	7.1048e-04
2_H2O2_95	3.4130e-04	3.8822e-04	4.0981e-04	4.3952e-04	4.6439e-04	4.8507e-04	5.0480e-04	5.2703e-04	5.5021e-04	5.7192e-04	5.9319e-04	6.1674e-04	6.4065e-04	6.6251e-04	6.8510e-04	7.1055e-04
2_H2O2_96	3.3206e-04	3.7101e-04	4.2353e-04	4.4040e-04	4.5404e-04	4.8757e-04	5.1925e-04	5.2997e-04	5.4104e-04	5.7405e-04	6.0595e-04	6.1806e-04	6.3204e-04	6.6816e-04	7.0212e-04	7.1539e-04
2_H2O2_97	3.3397e-04	3.7876e-04	4.1781e-04	4.3417e-04	4.5654e-04	4.9138e-04	5.1397e-04	5.2211e-04	5.4148e-04	5.7832e-04	6.0053e-04	6.1050e-04	6.3170e-04	6.6838e-04	6.9515e-04	7.0674e-04
2_H2O2_98	3.4029e-04	3.8888e-04	4.1179e-04	4.4260e-04	4.6754e-04	4.8955e-04	5.1044e-04	5.3224e-04	5.6395e-04	5.7869e-04	5.9950e-04	6.2136e-04	6.4396e-04	6.6704e-04	6.8275e-04	7.1415e-04
2_H2O2_99	3.4255e-04	3.8038e-04	4.0688e-04	4.4619e-04	4.6681e-04	4.7891e-04	5.0370e-04	5.3695e-04	5.5644e-04	5.6781e-04	5.9395e-04	6.2635e-04	6.4688e-04	6.6001e-04	6.8671e-04	7.2207e-04
2_H2O2_100	3.3654e-04	3.7499e-04	4.1575e-04	4.3534e-04	4.6285e-04	4.9717e-04	5.1720e-04	5.2742e-04	5.5190e-04	5.8483e-04	6.0478e-04	6.1630e-04	6.4317e-04	6.7615e-04	6.9040e-04	7.1343e-04
3_H2PO4_91	3.2729e-04	3.4798e-04	3.7753e-04	4.0561e-04	4.3294e-04	4.4329e-04	4.4994e-04	4.7210e-04	4.8796e-04	5.0830e-04	5.1421e-04	5.3638e-04	5.6371e-04	5.7553e-04	5.8514e-04	6.0730e-04
3_H2PO4_92	3.1917e-04	3.4872e-04	3.8640e-04	4.0561e-04	4.2408e-04	4.4329e-04	4.5954e-04	4.7210e-04	4.8762e-04	5.0862e-04	5.2234e-04	5.3490e-04	5.4966e-04	5.7110e-04	5.8833e-04	6.0213e-04

Строим МГК-модель по значениям логарифмов токов.



Ответ: 14.

#### Задача IV.1.7. (5 баллов)

Темы: распознавание образов, хемометрика, мультисенсорная система, классификация, вольтамперометрия, проекционные методы, анализ многомерных данных.

#### Условие

В Excel файле даны две матрицы вольтамперометрических данных зашифрованных растворов  $X$  и  $Y$ . По методу главных компонент определите с какими из растворов (по полной базе первой задачи) предложенный раствор  $X$  имеет наибольшее сходство по электрохимическому воздействию на деталь?

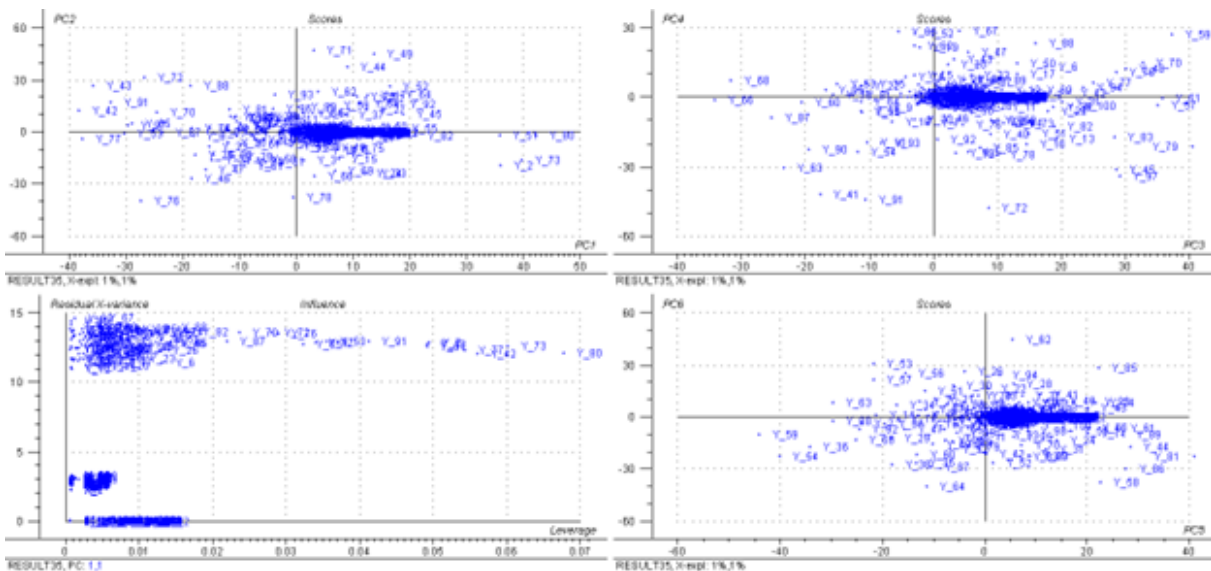
В ответе укажите номер раствора. Если  $X$  не схож ни с каким раствором, отметьте в ответе 0.

#### Решение

Объединяем базы зашифрованных растворов и исходную базу

	Y_06	Y_07	Y_08	Y_09	Y_100	0_HCl-SuAm	0_HCl-SuAm	0_HCl-SuAm	0_HCl-SuAm	0_HCl-SuAm	0_HCl-SuAm	0_HCl-SuAm	0_HCl-SuAm	0_HCl-SuAm	0_HCl-SuAm	0_HCl-SuAm	0_HCl-SuAm	0_HCl-SuAm	
	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	
1	5.3101e-03	-2.3914e-02	8.0390e-03	1.6091e-02	-5.1200e-03	1.5252e-04	1.7333e-04	2.2644e-04	2.2329e-04	2.0091e-04	1.8888e-04	1.8947e-04	1.8800e-04	1.8536e-04	1.8536e-04	1.8536e-04	1.8536e-04	1.8536e-04	1.8536e-04
2	-8.7571e-03	2.9199e-02	-1.5019e-02	-2.1818e-02	1.4682e-02	1.5589e-04	1.7670e-04	2.2999e-04	2.2856e-04	2.0553e-04	1.9343e-04	1.9717e-04	1.9489e-04	1.9299e-04	1.9115e-04	1.9115e-04	1.9115e-04	1.9115e-04	1.9115e-04
3	2.0852e-02	7.3852e-03	2.3701e-02	-2.6152e-02	-7.0793e-03	1.6032e-04	1.8103e-04	2.3531e-04	2.3553e-04	2.1382e-04	2.0377e-04	2.0729e-04	2.0485e-04	2.0377e-04	2.0296e-04	2.0296e-04	2.0296e-04	2.0296e-04	2.0296e-04
4	3.4231e-02	-2.6656e-02	-1.7173e-02	6.3759e-03	-9.2056e-03	1.6771e-04	1.8419e-04	2.4008e-04	2.4059e-04	2.2093e-04	2.1272e-04	2.1529e-04	2.1419e-04	2.1441e-04	2.1311e-04	2.1311e-04	2.1311e-04	2.1311e-04	2.1311e-04
5	-2.8385e-02	-2.3851e-02	-9.9193e-03	8.3116e-03	-2.3952e-02	1.7584e-04	1.8796e-04	2.4477e-04	2.4646e-04	2.2820e-04	2.1926e-04	2.2335e-04	2.2304e-04	2.2372e-04	2.2211e-04	2.2211e-04	2.2211e-04	2.2211e-04	2.2211e-04
6	1.6034e-02	3.0011e-03	4.4373e-03	1.4518e-02	-1.0389e-02	1.8027e-04	1.9035e-04	2.4815e-04	2.5182e-04	2.3480e-04	2.2570e-04	2.3194e-04	2.3142e-04	2.3172e-04	2.3047e-04	2.3047e-04	2.3047e-04	2.3047e-04	2.3047e-04
7	3.0040e-03	-2.3705e-02	3.6935e-02	3.7144e-02	-1.2312e-02	1.8766e-04	1.9255e-04	2.5079e-04	2.5636e-04	2.4067e-04	2.3377e-04	2.3989e-04	2.3876e-04	2.4045e-04	2.4059e-04	2.4059e-04	2.4059e-04	2.4059e-04	2.4059e-04
8	-1.5892e-03	9.6459e-03	-2.5722e-02	-3.2178e-02	4.9285e-02	1.9505e-04	1.9511e-04	2.5490e-04	2.6062e-04	2.4863e-04	2.4140e-04	2.4705e-04	2.4793e-04	2.5005e-04	2.5108e-04	2.5108e-04	2.5108e-04	2.5108e-04	2.5108e-04
9	-4.4823e-02	-3.7809e-02	2.5057e-02	-4.6536e-02	-3.7588e-02	2.0317e-04	1.9790e-04	2.5856e-04	2.6605e-04	2.5358e-04	2.4793e-04	2.5445e-04	2.5732e-04	2.5915e-04	2.5996e-04	2.5996e-04	2.5996e-04	2.5996e-04	2.5996e-04
10	-4.0321e-02	1.2055e-02	-2.9189e-02	0.0000	3.3657e-03	2.0982e-04	2.0010e-04	2.6142e-04	2.7169e-04	2.5981e-04	2.5438e-04	2.6282e-04	2.6509e-04	2.6707e-04	2.6854e-04	2.6854e-04	2.6854e-04	2.6854e-04	2.6854e-04
11	-1.0258e-02	0.0000	8.8177e-03	4.3835e-02	4.9943e-02	2.1278e-04	2.0291e-04	2.6414e-04	2.7580e-04	2.6524e-04	2.6208e-04	2.7081e-04	2.7213e-04	2.7558e-04	2.7852e-04	2.7852e-04	2.7852e-04	2.7852e-04	2.7852e-04
12	1.6058e-02	2.3493e-02	1.4563e-02	6.9301e-03	-5.3039e-03	2.2090e-04	2.0421e-04	2.6773e-04	2.8013e-04	2.7103e-04	2.6986e-04	2.7785e-04	2.8086e-04	2.8578e-04	2.8864e-04	2.8864e-04	2.8864e-04	2.8864e-04	2.8864e-04
13	-7.4059e-03	-3.1286e-02	-4.4896e-02	-3.0822e-02	1.6344e-02	2.2903e-04	2.0700e-04	2.7162e-04	2.8534e-04	2.7749e-04	2.7602e-04	2.8519e-04	2.9052e-04	2.9473e-04	2.9751e-04	2.9751e-04	2.9751e-04	2.9751e-04	2.9751e-04
14	-1.5013e-02	5.1805e-02	-2.8581e-02	-2.6356e-02	-5.4078e-02	2.3494e-04	2.0956e-04	2.7433e-04	2.9084e-04	2.8358e-04	2.8196e-04	2.9340e-04	2.9825e-04	3.0228e-04	3.0648e-04	3.0648e-04	3.0648e-04	3.0648e-04	3.0648e-04
15	3.4457e-02	2.1861e-02	5.6371e-02	-1.1508e-02	-3.8167e-02	2.4159e-04	2.1147e-04	2.7836e-04	2.9480e-04	2.8878e-04	2.8966e-04	3.0091e-04	3.0529e-04	3.1101e-04	3.1544e-04	3.1544e-04	3.1544e-04	3.1544e-04	3.1544e-04
16	4.7789e-02	-4.2092e-02	4.5880e-02	9.9149e-02	2.1382e-02	2.4824e-04	2.1382e-04	2.7976e-04	2.9839e-04	2.9436e-04	2.9722e-04	3.0800e-04	3.1416e-04	3.2052e-04	3.2671e-04	3.2671e-04	3.2671e-04	3.2671e-04	3.2671e-04
17	-2.4611e-02	-2.8413e-02	4.6951e-02	2.8610e-02	-2.1813e-02	2.5499e-04	2.1681e-04	2.8350e-04	3.0360e-04	3.0052e-04	3.0294e-04	3.1504e-04	3.2314e-04	3.3191e-04	3.3514e-04	3.3514e-04	3.3514e-04	3.3514e-04	3.3514e-04
18	4.3399e-02	-5.2856e-02	-1.8718e-02	-4.6307e-02	4.0561e-03	2.6154e-04	2.1881e-04	2.8920e-04	3.0899e-04	3.0631e-04	3.0896e-04	3.2275e-04	3.3090e-04	3.3771e-04	3.4356e-04	3.4356e-04	3.4356e-04	3.4356e-04	3.4356e-04
19	-3.5587e-02	1.9489e-02	-5.7430e-02	2.3414e-02	-3.3252e-02	2.6819e-04	2.2064e-04	2.8809e-04	3.1240e-04	3.1138e-04	3.1651e-04	3.3089e-04	3.3786e-04	3.4600e-04	3.5341e-04	3.5341e-04	3.5341e-04	3.5341e-04	3.5341e-04
20	-2.1588e-02	5.0094e-02	2.4015e-02	-2.3836e-02	-2.7719e-02	2.7558e-04	2.2277e-04	2.9109e-04	3.1556e-04	3.1702e-04	3.2399e-04	3.3786e-04	3.4592e-04	3.5561e-04	3.6390e-04	3.6390e-04	3.6390e-04	3.6390e-04	3.6390e-04
21	6.6458e-02	3.7428e-02	1.3356e-02	5.3673e-02	-1.0942e-02	2.8296e-04	2.2556e-04	2.9429e-04	3.2032e-04	3.2304e-04	3.2993e-04	3.4453e-04	3.5487e-04	3.6448e-04	3.7233e-04	3.7233e-04	3.7233e-04	3.7233e-04	3.7233e-04
22	6.8618e-02	6.1280e-02	-5.3012e-02	-2.5137e-02	-4.9591e-02	2.8814e-04	2.2790e-04	2.9671e-04	3.2568e-04	3.2861e-04	3.3566e-04	3.5216e-04	3.6272e-04	3.7211e-04	3.8033e-04	3.8033e-04	3.8033e-04	3.8033e-04	3.8033e-04
23	-3.3499e-02	-6.9547e-02	-6.3757e-02	2.6283e-02	2.3228e-02	2.9257e-04	2.3003e-04	2.9854e-04	3.2920e-04	3.3338e-04	3.4284e-04	3.5989e-04	3.6940e-04	3.8033e-04	3.8957e-04	3.8957e-04	3.8957e-04	3.8957e-04	3.8957e-04
24	5.9625e-02	3.7449e-02	2.5550e-02	5.8181e-02	-4.7432e-02	2.9922e-04	2.3245e-04	3.0133e-04	3.3243e-04	3.3822e-04	3.4996e-04	3.6661e-04	3.7732e-04	3.8942e-04	3.9947e-04	3.9947e-04	3.9947e-04	3.9947e-04	3.9947e-04
25	4.9167e-02	1.6544e-02	1.4159e-02	5.7344e-02	-1.9250e-02	3.0513e-04	2.3516e-04	3.0477e-04	3.3705e-04	3.4424e-04	3.5531e-04	3.7343e-04	3.8612e-04	3.9637e-04	4.0776e-04	4.0776e-04	4.0776e-04	4.0776e-04	4.0776e-04
26	-6.8240e-02	4.6085e-02	1.9091e-02	-2.1883e-02	-5.5889e-02	3.1178e-04	2.3773e-04	3.0727e-04	3.4248e-04	3.4988e-04	3.6074e-04	3.8099e-04	3.9360e-04	4.0622e-04	4.1546e-04	4.1546e-04	4.1546e-04	4.1546e-04	4.1546e-04
27	1.9050e-02	7.6811e-02	6.0342e-02	-2.1936e-02	-2.9514e-02	3.1695e-04	2.3956e-04	3.0888e-04	3.4607e-04	3.5451e-04	3.6789e-04	3.8995e-04	4.0020e-04	4.1392e-04	4.2470e-04	4.2470e-04	4.2470e-04	4.2470e-04	4.2470e-04
28	-2.9337e-02	-1.4824e-02	-1.9576e-02	2.4588e-02	6.2097e-02	3.2360e-04	2.4169e-04	3.1145e-04	3.4900e-04	3.5927e-04	3.7512e-04	3.9441e-04	4.0820e-04	4.2302e-04	4.3499e-04	4.3499e-04	4.3499e-04	4.3499e-04	4.3499e-04
29	-3.4999e-02	-1.7330e-02	-7.1947e-02	-6.2854e-02	6.2873e-02	3.2951e-04	2.4470e-04	3.1490e-04	3.5341e-04	3.6492e-04	3.8040e-04	4.0101e-04	4.1693e-04	4.3160e-04	4.4231e-04	4.4231e-04	4.4231e-04	4.4231e-04	4.4231e-04
30	5.5003e-02	6.3058e-02	-3.7724e-02	6.8880e-02	6.6195e-02	3.3488e-04	2.4734e-04	3.1690e-04	3.5773e-04	3.7042e-04	3.8568e-04	4.0900e-04	4.2963e-04	4.3857e-04	4.5008e-04	4.5008e-04	4.5008e-04	4.5008e-04	4.5008e-04
31	-2.2681e-02	2.0496e-02	-5.3778e-02	2.5578e-03	4.8864e-02	3.3984e-04	2.4932e-04	3.1849e-04	3.6111e-04	3.7512e-04	3.9258e-04	4.1532e-04	4.3991e-04	4.4590e-04	4.5874e-04	4.5874e-04	4.5874e-04	4.5874e-04	4.5874e-04
32	2.3229e-02	2.8184e-02	2.8493e-02	-4.1314e-02	-4.6652e-02	3.4650e-04	2.5174e-04	3.2091e-04	3.6411e-04	3.8011e-04	3.9932e-04	4.2140e-04	4.3763e-04	4.5600e-04	4.6783e-04	4.6783e-04	4.6783e-04	4.6783e-04	4.6783e-04

Строим МГК-модель, предварительно транспонировав матрицу.



Ответ: 0.

### Задача IV.1.8. (5 баллов)

Темы: распознавание образов, хемометрика, мультисенсорная система, классификация, вольтамперометрия, проекционные методы, анализ многомерных данных.

#### Условие

В Excel файле даны две матрицы вольтамперометрических данных зашифрованных растворов  $X$  и  $Y$ . По методу главных компонент определите с какими из растворов (по полной базе первой задачи) предложенный раствор  $Y$  имеет наибольшее сходство по электрохимическому воздействию на деталь?

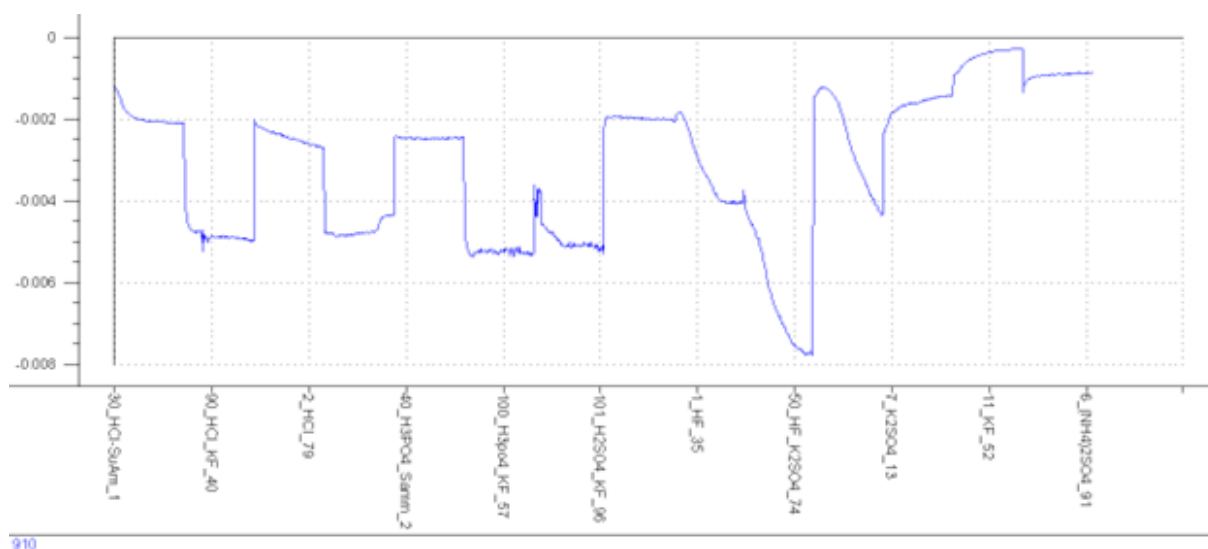


### Условие

Определите по вольтамперограммам исходных баз первой задачи, в каком растворе активнее всего (вероятнее всего) происходит электролиз воды с образованием молекулярного водорода. В ответе укажите только цифры — шифр раствора.

### Решение

Строим по данным катодной области потенциалов временной ряд токов



Наибольшие катодные токи наблюдаются в растворе № 50.

Ответ: 50.

### Задача IV.1.10. (2 балла)

Темы: коррозия, ОВР, ряд напряжений, электрохимия, кулонометрия, поляризация.

### Условие

Исследователи представили свой вариант показателей электрохимической активности исследуемых растворов, в котором отметили особую роль фторид-ионов, фосфорной кислоты (фосфат-ионов). Выберите какое свойство этих ионов влияет на кинетику электрохимического растворения металлов?

- A. Реакции образования растворимых комплексов.
- B. Реакции окисления металлов под воздействием данных ионов.
- C. Реакции оксидирования.
- D. Реакции полимеризации.

Ответ: 1.