

**Спецификация конкурсных материалов для проведения практического этапа
Московского конкурса межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный
мегаполис. Потенциал» в номинации «Инженерный класс» по направлениям
«Инженерно-химическое и Курчатовские классы»**

1. Назначение конкурсных материалов

Материалы практического этапа Московского конкурса межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» (далее – Конкурс) предназначены для оценки уровня практической подготовки участников Конкурса.

2. Условия проведения

Практический этап Конкурса проводится в очной дистанционной форме или очной форме на базе вуза. При выполнении работы обеспечивается строгое соблюдение порядка организации и проведения Конкурса.

При проведении практического этапа в очном дистанционном формате используется технологии прокторинга. Участникам необходимо иметь компьютер (ПК или ноутбук; прохождение диагностики на мобильных устройствах - невозможно) с выходом в Интернет, веб-камерой и микрофоном, а также смартфон (или планшет) со стабильным интернетом и приложением для считывания QR-кодов. Требуется предварительная настройка оборудования:

https://im.mcko.ru/docs/Инструкция_для_участника_конкурса_Интеллектуальный_мегаполис_Потенциал.pdf. Браузер разрешается использовать только для прохождения заданий этапа и процедуры прокторинга, категорически запрещено пользоваться веб-поиском.

Участникам будут предоставлены экспериментальные данные, снятые с установки, представленные в виде таблицы.

Вне зависимости от формата проведения во время экзамена разрешается пользоваться непрограммируемым калькулятором, периодической системой химических элементов Менделеева (таблица Менделеева), таблицей растворимости, при построении графиков – программой Microsoft Excel.

При выполнении работы на базе вуза задания экзаменационного билета практического этапа конкурса выполняются с использованием следующего оборудования и реактивов:

Приборы и оборудование: секундомер

Посуда: штатив для пробирок, 10 пробирок, 5 пробок для пробирок, пипетка Мора на 5 мл, две мерные пипетки на 20 мл, резиновая груша.

Реактивы: 1М раствор соляной кислоты, 1М раствор тиосульфата натрия, дистиллированная вода.

3. Продолжительность выполнения

На выполнение заданий практического этапа Конкурса отводится 90 минут. Во время проведения мероприятия участник может выйти из зоны проведения мероприятия не более чем на 5 минут, предупредив проктора на камеру в случае проведения этапа в очной дистанционной форме или ответственного от вуза в случае проведения этапа в очной форме на базе вуза. Мероприятие не продлевается на время отсутствия участника.

4. Содержание и структура

Индивидуальный вариант участника включает 6 заданий: 4 задания, базирующихся на содержании курса «Исследовательский практикум по физической химии» и 2 задания, базирующихся на содержании элективного курса «Технологии современного производства».

5. Система оценивания

Задание считается выполненным, если ответ участника совпал с эталоном. Максимальный балл за выполнение всех заданий – 60 баллов.

6. Приложения

1. План конкурсных материалов для проведения практического этапа Конкурса.
2. Демонстрационный вариант конкурсных заданий практического этапа Конкурса.



План конкурсных материалов для проведения практического этапа Конкурса

№ задания	Выбор задания для решения	Уровень сложности	Уникальные кодификаторы Конкурса	Контролируемые требования к проверяемым умениям	Балл
1.	-	повышенный	Способы выражения состава раствора	Пересчет концентраций при разбавлении с заданной степенью точности	10
2.	-	повышенный	Основные понятия химической кинетики: скорость химической реакции	Математический расчет и запись результата с заданной степенью точности	10
3.	-	повышенный	Зависимость скорости реакции от концентрации реагентов (закон действующих масс или закон Гульдберга-Вааге)	Графическое представление экспериментальных данных Обработка графиков, извлечение числовых данных из графиков	10
4.	-	повышенный	Порядок реакции по веществу, общий (суммарный) порядок реакции Способы определения порядка реакции	Анализ полученного результата, умение делать вывод	10
5.	-	повышенный	Аддитивные технологии и их возможности: понятия, технологии, методы и материалы, которые применяются в этой области	Принципы классификации полимеров. Характеристика представителей различных классов полимеров с точки зрения общности их практических свойств	10
6.	-	повышенный	Аддитивные технологии и их возможности: понятия, технологии, методы и материалы, которые применяются в этой области	Принципы классификации полимеров. Характеристика представителей различных классов полимеров с точки зрения общности их практических свойств	10
Сумма баллов:					60

Демонстрационный вариант конкурсных заданий практического этапа Конкурса**Пример состава задания практического этапа Конкурса.****Изучение зависимости скорости химической реакции от концентрации реагентов.**

Одной из главных задач химической кинетики, имеющей особенное значение для химического производства, является определение зависимости скорости реакции от концентраций реагирующих веществ. В общем случае, чем больше концентрации реагирующих веществ, тем больше скорость химической реакции.

В основе химической кинетики лежит основной постулат химической кинетики: Скорость химической реакции прямо пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ, взятых в некоторых степенях.

Т. е. для реакции



можно записать

$$V = k \cdot C_A^n \cdot C_B^m \cdot \dots, \quad (1)$$

где V – скорость реакции,

k – константа скорости химической реакции,

C_A – молярная концентрация вещества А,

C_B – молярная концентрация вещества В,

n – показатель степени (порядок реакции по веществу А),

m – показатель степени (порядок реакции по веществу В),

Зависимость скорости реакции от концентраций реагирующих веществ определяется экспериментально и называется кинетическим уравнением химической реакции. Очевидно, что для того, чтобы записать кинетическое уравнение, необходимо экспериментально определить величину константы скорости и показателей степени при концентрациях реагирующих веществ. Показатель степени при концентрации каждого из реагирующих веществ в кинетическом уравнении химической реакции (в уравнении (1) n или m) есть частный порядок реакции по данному компоненту. Сумма показателей степени в кинетическом уравнении химической реакции ($n + m$) представляет собой общий порядок реакции. Следует подчеркнуть, что порядок реакции определяется только из экспериментальных данных и не связан со стехиометрическими коэффициентами при реагентах в уравнении реакции. Стехиометрическое уравнение реакции представляет собой уравнение материального баланса и никоим образом не может определять характера протекания этой реакции во времени.

Порядок реакции, как общий, так и частный, является формальным параметром и не имеет строгого физического смысла. Однако есть простой способ наглядно объяснить, что это такое, и в чём всё же заключается его смысл.

Но прежде поговорим о молекулярности. Молекулярностью реакции называют число частиц (например, молекул), которое участвует так называемом в элементарном акте реакции. Например, в реакции разложения:



молекулярность равна единице, так как элементарным актом является процесс распада одной единственной частицы.

Для реакции:



(Реакция 2)

или:



(Реакция 3)

молекулярность равна двум (в обоих случаях, так как для первой из указанных реакций элементарный акт заключается в столкновении двух одинаковых молекул исходного соединения А. Для простых реакций порядок совпадает с молекулярностью, для сложных – нет.

Запишем кинетические уравнения для каждой из реакций и рассмотрим, как изменение концентрации одного из веществ влияет на общую скорость реакции.

Реакция 1: $V = kC_A$, порядок этой реакции равен 1. Если увеличить концентрацию А в 3 раза, то и скорость увеличится в 3 раза, что легко видеть по самому кинетическому уравнению. График зависимости скорости реакции от концентрации при этом будет иметь вид наклонной прямой (рис. 1)

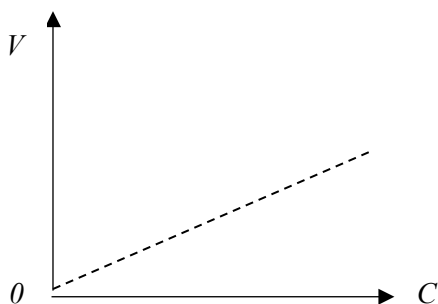


Рисунок 1 – График зависимости скорости реакции от концентрации для реакции первого порядка

Реакция 2: $V = kC_A^2$. Порядок этой реакции равен 2. Если концентрацию А также в 3 раза, то скорость увеличится уже в $3^2 = 9$ раз! График зависимости скорости реакции от концентрации для реакции второго порядка будет иметь вид параболы (рис. 2)

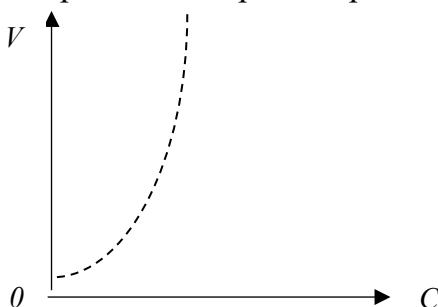


Рисунок 2 – График зависимости скорости реакции от концентрации для реакции второго порядка

Существуют реакции нулевого порядка. Их химическое уравнение выглядит также, как, например, уравнение 1, но кинетическое уравнение выглядит иначе:

$$V = kC_A^0 = k * 1 = k$$



Если теперь изменить концентрацию вещества А в те же три раза, то со скоростью данной реакции уже ничего не произойдёт – она останется прежней (рис. 3). Вот что означает нулевой порядок.

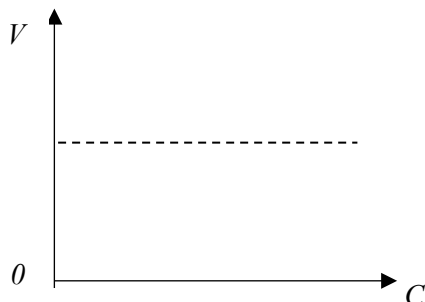


Рисунок 2 – График зависимости скорости реакции от концентрации для реакции нулевого порядка

Таким образом, порядок реакции всё же имеет определённый смысл – он показывает, насколько существенно изменение концентрации данного исходного вещества оказывает влияние на общую скорость всей реакции.

Описание работы. Изучение скорости реакции тиосульфата натрия с соляной кислотой в зависимости от концентрации кислоты в растворе и определение порядка реакции по катиону водорода.

Признаком протекания реакции является образование твёрдой фазы серы, которое фиксируется по появлению помутнения. Конечно, правильнее измерять мгновенные скорости реакции в разные моменты времени, но для упрощения в данной работе мы будем измерять среднюю скорость реакции за время τ от момента смешивания реагентов до первых признаков появления серы.

Данная реакция протекает с образованием элементарной серы, которая частично растворяется в воде, поэтому раствор при протекании реакции остается прозрачным до некоторой постоянной предельной концентрации серы C_s в растворе, после чего избыток серы выпадает в осадок (наблюдается помутнение). В этом случае среднюю скорость реакции можно рассчитывать по формуле

$$V = \frac{C_s}{\tau}$$

Поскольку C_s остается постоянной, то в качестве условной меры скорости можно считать

$$V = \frac{1}{\tau}$$

Последовательность выполнения работы

1. В соответствии с таблицей 1 вам необходимо провести 5 опытов с указанными количествами исходных растворов.

Рассмотрим для примера первый опыт. С помощью пипетки Мора перенесите в первую пробирку 5 мл раствора тиосульфата натрия с концентрацией 1 моль/л. С помощью мерных пипеток перенесите во вторую пробирку 1 мл раствора соляной кислоты с концентрацией 1 моль/л и 14 мл дистиллированной воды. Затем прилейте содержимое первой пробирки ко второй, закройте пробирку пробкой, один раз переверните ее, придерживая пробку большим пальцем, и после возвращения пробирки в исходное положение начните отсчет времени. В момент помутнения раствора отсчет времени следует остановить и записать полученное время в таблицу 1.



Таблица 1 – Экспериментальные данные изучения скорости реакции тиосульфата натрия с соляной кислотой в зависимости от концентрации кислоты в растворе

№	Исходные объёмы растворов, мл			Исходные концентрации, моль/л		τ , с	$1/\tau$, с ⁻¹
	Na ₂ S ₂ O ₃	кислота	вода	C(S ₂ O ₃ ²⁻)	C(H ⁺)		
1	5	1	14				
2	5	5	10				
3	5	10	5				
4	5	13	2				
5	5	15	0				

2. Таким же образом, необходимо повторить опыт еще четыре раза с указанными в таблице объемами растворов, а полученные данные занести в таблицу 1.

Задание к практической работе

1. Рассчитайте концентрации реагирующих веществ с учетом разбавления с точностью до 0,01 моль/л и занесите их в таблицу.

2. Рассчитайте условные скорости реакций как $1/\tau$, с⁻¹ с точностью до 0,01 с⁻¹ и занесите данные в таблицу.

3. Постройте на миллиметровке или в программе Excel график зависимости условной скорости реакции $1/\tau$, с⁻¹ от рассчитанной вами начальной концентрации катионов водорода C(H⁺), моль/л.

4. По форме графика оцените порядок реакции. Ответ обоснуйте.

Виды пластика для 3D печати.

Выбрать пластик для 3D принтера очень важно, особенно когда перед Вами стоит цель напечатать функциональную модель с определенными свойствами. При этом важно понимать, сможет ли конкретный принтер работать с выбранным пластиком. Инженерные пластики (из которых печатаются изделия годные к эксплуатации), например, требуют определённых условий для успешной печати, а модели, напечатанные из декоративных пластиков, должны сохранять свою красоту длительное время.

Прежде чем приступить к печати модели (инженерной, функциональной или декоративной) необходимо четко определить её свойства – прочность, состояние поверхности, возможность дальнейшей механической или химической обработки, способность к окрашиванию, токсичность, биоразлагаемость, стойкость к воздействию ультрафиолета и т.д.

При выполнении задания 5 необходимо оценить возможность использования того или иного пластика, представленного в таблице, исходя из требований к функциональной модели и возможностей материалов.

На первом этапе оцениваются необходимые свойства функциональной модели. Если это шестерёнка, то очевидно, что она должна быть прочной, износостойкой и термостойкой. Исходя из этих требований подбираем возможные варианты и исключаем, те материалы, которые точно не могут обеспечить необходимое качество детали.



На втором этапе оцениваем возможности механической и химической обработки напечатанной модели и исключаем те пластики, которые не обеспечивет простоту проведения этих процессов.

На третьем этапе оцениваем негативные последствия печати (например, наличие запаха).

На последнем этапе следует оценить износостойкость материала (одно из основных свойств, которым должна обладать шестерёнка).

При выполнении задания 6 следует учесть рабочие температуры экструзии для пластиков, приведённых в таблице. Следует исключить те материалы, у которых верхние и нижние границы экструзии выходят за пределы рабочей температуры экструдера. Поэтому выбор может включать несколько видов пластиков.

Задание к практической работе (продолжение)

5. Перед разработчиком стоит задача изготовить износостойкую деталь, например шестерёнку. Пользуясь таблицей 2, выберите подходящий материал для её печати на 3D-принтере. Относится ли выбранный Вами пластик к разряду инженерных. Обоснуйте свой ответ.

6. Для реализации технологии послойного наплавления (Fused deposition modeling - FDM) приобретён 3D-принтер с одним экструдером (рабочая температура – 200-230 °С). Пользуясь таблицей, выберите один подходящий для него рабочий материал для печати полноценной модели. Обоснуйте ответ.

Таблица 2 – Материалы для 3D-печати и их свойства (к заданию 5)

Название	Токсичность	Склонность к биоразложению	Износостойкость	Специфические требования к принтеру	Запах при печати	Простота механической и химической обработки	Наличие деформаций при небольшом нагреве	Прочность	Термостойкость	Разрушение под действием УФ	Возможность изготовления габаритных или составных моделей	Способность к окрашиванию
PLA	нет	да	нет	нет	да (приятный)	нет	да	нет	нет	да	да	да
ABS	да	нет	да	да	да (неприятный)	да	нет	да	да	нет	нет	да
HIPS	нет	нет	да	да	да	да	нет	нет	нет	нет	нет	да (-)
PVA	нет	нет	нет	да	нет		да	нет	нет	нет	нет	
PETG	нет	нет	да	да	нет	да (химической)	нет	да	да	нет	да	
SBS	нет	нет	нет	да	нет	да	нет	да	да	нет	нет	да
Нейлон	нет	нет	самая высокая	да	нет	да	нет	да	да	нет	нет	да
FLEX	нет	нет	нет	да	нет	нет		да	да	нет	нет	да

Таблица 3 – Температуры экструзии и размягчения пластика, применяющегося для реализации технологии послойного наплавления (к заданию 6)

Название	Температура экструзии пластика, °C	Температура размягчения пластика, °C
PLA	190-220	50
ABS	220-240	100-110
HIPS	230-260	96
PVA	190-210	38
PETG	220-240	80
SBS	230-260	80
Нейлон	240-260	120
FLEX	200-240	175-200



Критерии оценивания

Этап	Критерии оценивания	Макс. балл
1. Расчет концентрации реагирующих веществ с учетом разбавления.	За каждую верно рассчитанную концентрацию – 1 балл с учетом требований к степени точности расчета	10
2. Расчет условных скоростей реакции	За каждую верно рассчитанную условную скорость реакции – 2 балла с учетом требований к степени точности расчета	10
3. Построение графика зависимости условной скорости реакций $1/\tau, \text{с}^{-1}$ от концентрации катионов водорода $[\text{H}^+]$	Правильно выбран масштаб при построении графика – 2 балла Правильно обозначены оси координат – 2 балла. График построен правильно – 6 баллов	10
4. Определение порядка реакции	Порядок реакции определен верно – 5 баллов. Приведено верное обоснование – 5 баллов	10
5. Подбор материала для 3D-печати износостойкой детали.	Правильно подобран материал для 3D-печати износостойкой детали – 3 балла. Правильно указано, относится ли он к разряду инженерных – 3 балла. Приведено правильное обоснование ответа – 4 балла.	10
6. Подбор материала для послойного наплавления на 3D-принтер с рабочей температурой экструдера 200-230 °C	Правильно подобран материал – 5 баллов Приведено верное обоснование – 5 баллов	10