

# Спецификация конкурсных материалов для проведения практического этапа Московского конкурса межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» в номинации «Инженерный класс» по «Инженерно-химическому» направлению

## 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 или в очной форме на базе вуза или в очном дистанционном формате с использованием технологии прокторинга.

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

*Приборы и оборудование:* прибор для определения температуры замерзания (криоскоп); термометр Бекмана (или цифровой термометр с точностью не менее 0,01°C), аналитические весы.

*Посуда:* мерный цилиндр 250 мл; бюкс.

*Реактивы:* глюкоза, сахароза, фруктоза, мочевины, дистиллированная вода.

При проведении практического этапа в очном дистанционном формате 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](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.

## 3. Продолжительность выполнения

На выполнение заданий *практического* этапа Конкурса отводится **90** минут.

## 4. Содержание и структура

Задания практического этапа Конкурса разработаны преподавателями образовательной организации высшего образования.

Индивидуальный вариант участника выдается во время проведения практического этапа Конкурса из базы конкурсных заданий.

Индивидуальный вариант участника включает 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. Каждое задание оценивается от 0 до 10 баллов. Максимальный балл за выполнение всех заданий – 60 баллов. Для получения максимального балла за *практический* этап Конкурса необходимо дать верные ответы на все задания выбранного кейса.

## **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	Уникальные кодификаторы Конкурса	Контролируемые требования к проверяемым умениям	Балл
1	Физико-химическая теория растворов электролитов и неэлектролитов. Понижение температуры замерзания	Графическое представление экспериментальных данных.	10
2	Физико-химическая теория растворов электролитов и неэлектролитов. Понижение температуры замерзания	Обработка графиков, извлечение числовых данных из графиков	10
3	Физико-химическая теория растворов электролитов и неэлектролитов. Криоскопия	Математический расчет и запись результата с заданной степенью точности	10
4	Физико-химическая теория растворов электролитов и неэлектролитов. Криоскопия	Анализ полученного результата, умение делать вывод	10
5	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	Аддитивные технологии и их возможности: понятия, технологии, методы и материалы, которые применяются в этой области	Молекулярно-массовые характеристики полимеров. Молекулярно-массовое распределение (ММР). Экспериментальные методы оценки молекулярных масс и ММР	10
<b>Суммарное количество баллов:</b>			<b>60</b>

## Демонстрационный вариант конкурсных заданий *практического* этапа Конкурса

### Определение молекулярной массы растворённого вещества криоскопическим методом

Одной из важнейших физико-химических характеристик любого высокомолекулярного соединения является его молекулярная масса. Значение молекулярной массы определяет важнейшие свойства полимеров и пути их переработки в изделия, в том числе и вторичной. Например, при росте молекулярной массы критически изменяются свойства полимеров, причем при достижении некоторых предельных значений высоких молекулярных масс свойства могут полностью меняться. Например, простейший полимер полиэтилен при низких молекулярных массах имеет свойства близкие к твердым парафинам (полиэтиленовый воск). Такой полимер легко течет и в расплавленном виде ведет себя аналогично жидкостям. При повышении молекулярной массы вязкость полиэтилена возрастает, и полиэтилен в данном случае перерабатывается последовательно методами литья под давлением, выдувного формования, экструзии, прессования и т.д. Наконец, полиэтилен, обладающий очень большими значениями молекулярных (в несколько миллионов) масс полимера, так называемый сверхвысокомолекулярный полиэтилен практически не способен к плавлению и вязкому течению, а его переработка крайне затруднена.

Полимеры обычно состоят из молекул неодинакового размера (протяженности) и массы, поэтому значение молекулярной массы полимера, определенное с помощью того или иного метода, является *средней* величиной. Различают среднечисловую и среднемассовую молекулярную массу.

Для определения среднечислового значения используются экспериментальные методы, основанные на определении количества молекул в разбавленных растворах полимеров: метод измерения понижения температуры замерзания (начала кристаллизации) раствора (криоскопия) или повышения температуры кипения раствора (эбулиоскопия), метод определения числа концевых групп в макромолекулах, метод измерения осмотического давления раствора.

Криоскопическим называется метод определения молекулярной массы по понижению точки замерзания растворителя. Для криоскопических измерений применяют прибор криоскоп, представленный на рисунке.

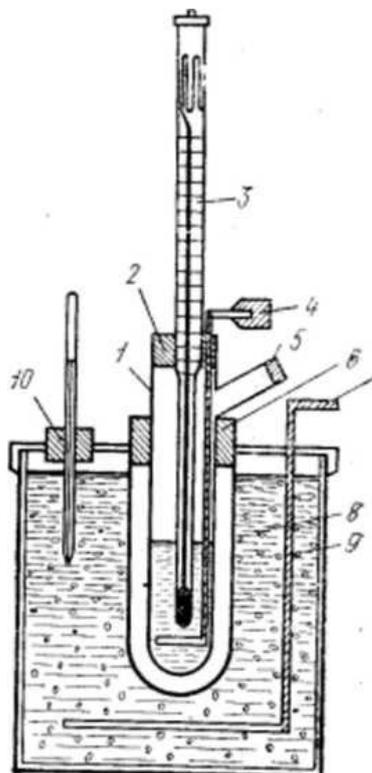


Рисунок. Схема прибора для определения температуры замерзания

Данный прибор состоит из широкой стеклянной пробирки 1 для растворителя, имеющей в верхней части отросток 5 для внесения растворяемого вещества. Пробирку закрывают корковой пробкой 2, в которую вставлены термометр Бекмана 3 и латунная мешалка 4. При помощи резиновой прокладки 6 пробирку помещают в воздушную стеклянную рубашку 7, которую погружают в криостат 8. Криостат представляет собой толстостенный стакан или металлическую баню, наполненную охлаждающей смесью (лед + хлорид натрия), внутри которой установлена мешалка 9 и термометр 10.

Предварительно определяют температуру замерзания (кристаллизации) растворителя, затем после внесения определенного количества растворенного вещества в данный растворитель – температуру замерзания (начала кристаллизации) полученного раствора. По понижению температуры замерзания рассчитывается значение молярной массы растворенного вещества.

**Описание работы.** Определить молярную массу вещества криоскопическим методом, т.е. по изменению температуры начала кристаллизации раствора этого вещества относительно температуры кристаллизации чистого растворителя.

### **Последовательность выполнения работы**

1. Количественно перенести 100 мл ( $m_{p-ля}=100$  г) растворителя в пробирку криостата, затем закрепить в пробирке термометр Бекмана. Затем, помешивая исследуемую жидкость мешалкой, снять кривую охлаждения, т.е. зависимость температуры  $t, ^\circ\text{C}$  (p-ль) (с точностью  $0,01^\circ\text{C}$ ) в пробирке криостата от времени с шагом 0,5 минут. На кривой охлаждения будут наблюдаться 3 участка – участок падения температуры, участок повышения температуры и температурное плато. После выхода на температурное плато (3 - 5 точек с одинаковой температурой) следуют прекратить эксперимент.

2. Взять навеску  $m_{в-ва}=10$  г исследуемого вещества и растворить в используемом растворителе, находящемся в пробирке криостата. Повторить вышеописанный опыт с получившимся раствором, измерив зависимость температуры  $t_{p-p}, ^\circ\text{C}$  (p-p) от времени с шагом 0,5 минут.

3. Полученные экспериментальные данные занести в таблицу:

Таблица 1. Экспериментальные данные измерения температуры кристаллизации чистого растворителя и раствора

Время, мин	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5
$t, ^\circ\text{C}$ (p-ль)																	
$t_{p-p}, ^\circ\text{C}$ (p-p)																	

### **Задание к практической работе**

1. Построить график в координатах «время (мин) – температура( $^\circ\text{C}$ )» для чистого растворителя и для раствора.

2. По графику установить температуры кристаллизации чистого растворителя  $t_{зам.p-ля}$  и раствора  $t_{зам.p-ра}$  (поскольку по мере выпадения кристаллов растворителя концентрация раствора увеличивается, за температуру начала кристаллизации раствора принимают наибольшее из приведенных в таблице значение температуры, достигнутое после переохлаждения). Определить разницу температур начала кристаллизации растворителя и раствора  $\Delta t_{зам} = t_{зам.p-ля} - t_{зам.p-ра}$ .

3. Рассчитать молярную массу растворенного вещества  $M_{в-ва пр}$  с точностью до 0,1 г/моль (криоскопическая константа для воды  $K=1.86$ ) по формуле:

$$M_{в-ва пр} = \frac{m_{в-ва} \cdot 1000}{\Delta t_{зам} \cdot m_{p-ля}} \cdot K$$

Исходя из полученного значения молярной массы вещества, определить растворяемое в ходе опыта вещество из представленного списка (мочевина, глюкоза, фруктоза, сахароза) и его молярную массу  $M_{в-ва теор}$

4. Рассчитать относительную ошибку  $\delta$  (в %) с точностью до целых в определении молярной массы вещества по формуле:

$$\delta = \frac{M_{\text{в-ва пр}} - M_{\text{в-ва теор}}}{M_{\text{в-ва теор}}} \cdot 100\%$$

Полученные результаты занести в протокол.

5. Ответьте на вопрос по элективному курсу «Технологии современного производства» из разделов: Принципы классификации полимеров. Характеристика представителей различных классов полимеров с точки зрения общности их практических свойств.

6. Ответьте на вопрос по элективному курсу «Технологии современного производства» из разделов: Молекулярно-массовые характеристики полимеров. Молекулярно-массовое распределение (ММР). Экспериментальные методы оценки молекулярных масс и ММР.

## Протокол выполнения работы

Учащегося школы \_\_\_\_\_

ФИО \_\_\_\_\_

### Вариант № 1

#### 1. Результаты выполнения задания

Этап	Результат	Макс. балл	Балл
1. Построение графика в координатах «время – температура» для чистого растворителя и раствора	График на миллиметровой бумаге как приложение к протоколу (в случае проведения экзамена в очном дистанционном формате – фотография или скан графика)	10	
2. Определение разницы температур начала кристаллизации растворителя и раствора	$t_{\text{зам.р-ля}}, ^\circ\text{C}$	10	
	$t_{\text{зам.р-ра}}, ^\circ\text{C}$		
	$\Delta t_{\text{зам}}, ^\circ\text{C}$		
3. Определение молярной массы растворенного вещества	$M_{\text{в-ва пр}}, \text{г/моль}$	10	
	Вещество		
	$M_{\text{в-ва теор}}, \text{г/моль}$		
4. Расчет относительной ошибки эксперимента	$\delta, \%$	10	
5. Ответ на вопрос по элективному курсу «Технологии современного производства» из разделов: Принципы классификации полимеров. Характеристика представителей различных классов полимеров с точки зрения общности их практических свойств	Напишите наименование десяти полимеров различной природы и соответствующие им мономеры	10	
6. Ответы на вопрос по элективному курсу «Технологии современного производства» из разделов: Молекулярно-массовые характеристики полимеров. Молекулярно-массовое распределение (ММР). Экспериментальные методы оценки молекулярных масс и ММР	Перечислите экспериментальные методы оценки молекулярных масс и молекулярно-массового распределения полимеров	10	

## Критерии оценивания

Этап	Критерии оценивания	Макс. балл
1. Построение графика в координатах «время – температура» для чистого растворителя и для раствора	Графики построены правильно	10
	Графики построены правильно, имеются ошибки в обозначении осей координат	7
	Графики построены правильно, имеются ошибки в обозначении осей координат и неправильно выбран масштаб	5
	Графики построены неправильно	0
2. Определение разницы температур начала кристаллизации растворителя и раствора	Правильно определены температуры начала кристаллизации растворителя и раствора, разница температур начала кристаллизации растворителя и раствора.	10
	Правильно определена или температуры начала кристаллизации растворителя, или температуры начала кристаллизации раствора.	5
	Все значения температур определены неправильно	0
3. Определение молярной массы растворенного вещества	Молярная масса растворенного вещества рассчитана правильно, с требуемой точностью расчета и верно установлено вещество	10
	Молярная масса растворенного вещества определена правильно исходя из экспериментальных данных, вещество установлено неверно	5
	Молярная масса растворенного вещества рассчитана неправильно	0
4. Расчет относительной ошибки эксперимента	Ошибка менее 5%	10
	5-10%	8
	10-15%	6
	15-20%	4
	20-25%	3
	25-30%	2
	Более 30%	0
5. Ответ на вопрос по элективному курсу «Технологии современного производства» из разделов: Принципы классификации полимеров. Характеристика представителей различных классов полимеров с точки зрения общности их практических свойств	За каждую верно приведенную пару полимер-мономер по 1 баллу	10

<p>6. Ответьте на вопрос по элективному курсу «Технологии современного производства» из разделов: Молекулярно-массовые характеристики полимеров. Молекулярно-массовое распределение (ММР). Экспериментальные методы оценки молекулярных масс и ММР</p>	<p>Ответ полный, не содержит ошибок и неточностей</p>	<p>10</p>
	<p>Ответ полный, не содержит ошибок, содержит неточности</p>	<p>7-9</p>
	<p>Ответ полный, содержит ошибки</p>	<p>4-6</p>
	<p>Ответ неполный</p>	<p>0-3</p>