



ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ
МЕГАПОЛИС

ЗАДАЧНИК



Инженерный класс
в московской школе

ИНЖЕНЕРНО-ХИМИЧЕСКОЕ
НАПРАВЛЕНИЕ

ПРАКТИЧЕСКИЙ ЭТАП



МОСКВА
2024

Оглавление

Вариант 11

Вариант 25

Вариант 39

Вариант 413

Вариант 517

Вариант 621

Вариант 725

Вариант 829

Вариант 1

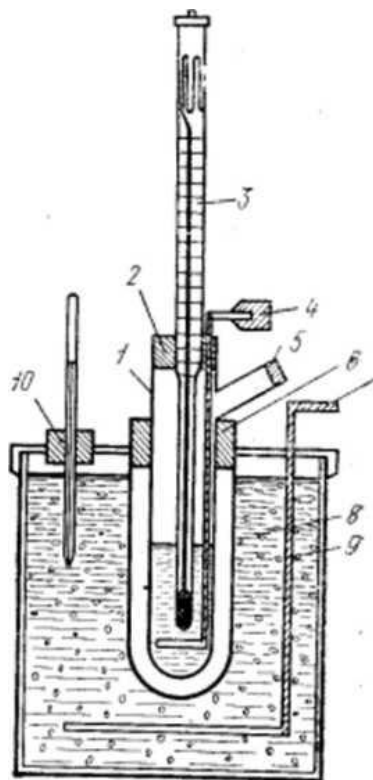
Определение молекулярной массы растворённого вещества криоскопическим методом

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 молекулярный 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.



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 $t, ^\circ\text{C}$ (р-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 полученным раствором, измерив зависимость температуры $t_{p-p}, ^\circ\text{C}$ (р-р) 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
$t, ^\circ\text{C}$ (р-ль)	5,05	4,30	3,25	1,95	0,75	-0,25	-1,50	0,00	-0,15	-0,35	-0,60	-0,85	-1,15	-1,55	-2,05	-2,55	-2,85
$t_{p-p}, ^\circ\text{C}$ (р-р)	3,65	2,30	1,25	0,55	-1,25	-2,05	-3,35	-4,05	-1,03	-1,25	-1,35	-1,40	-1,55	-1,85	-2,15	-2,85	-3,25

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 $t_{зам,р-ля}$ и раствора $t_{зам,р-ра}$ (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 $\Delta t_{зам} = t_{зам,р-ля} - t_{зам,р-ра}$.

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:

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

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

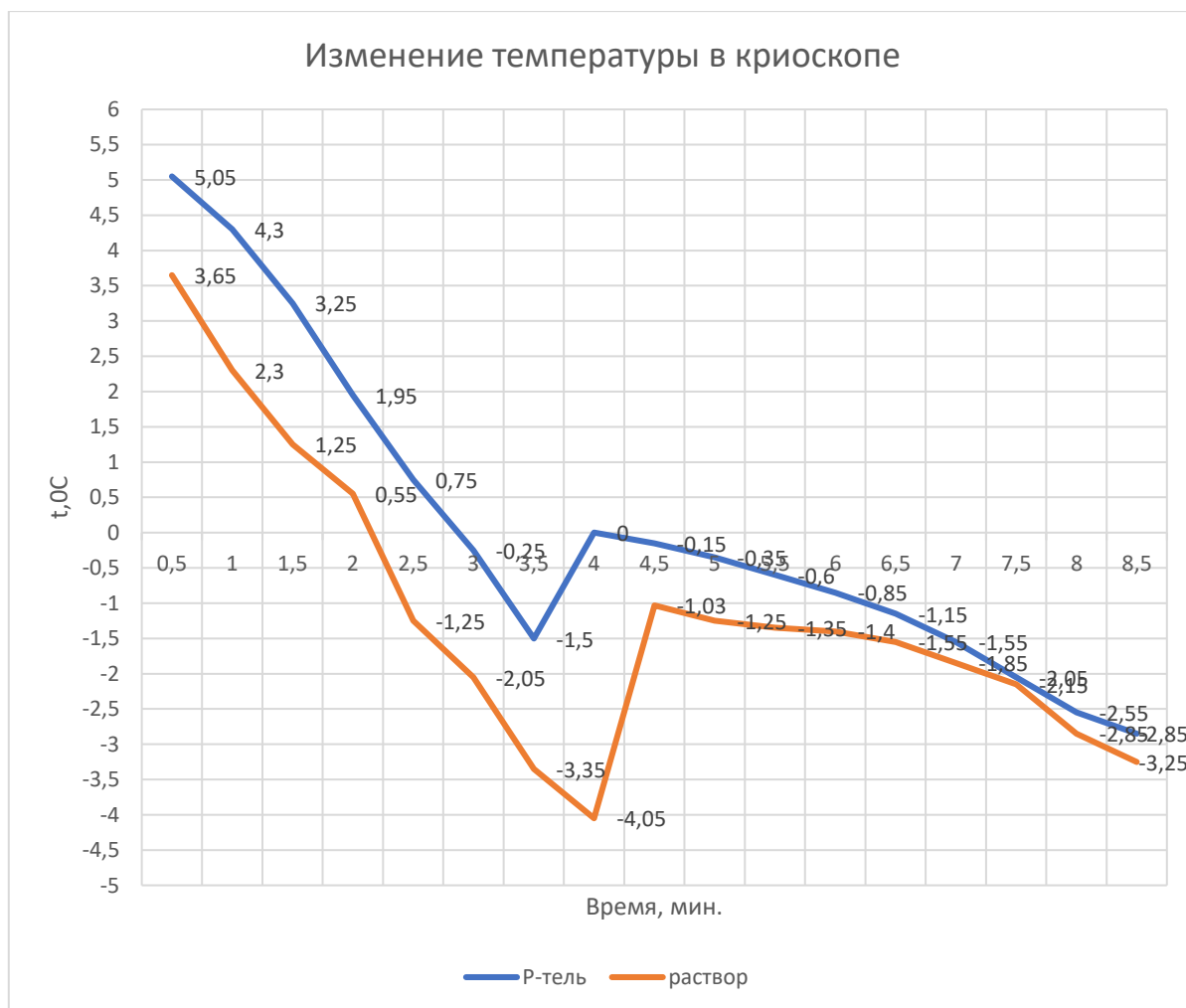
4. Рассчитать относительную ошибку δ (в %) с точностью до целых в определении молярной массы вещества по формуле:

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

Полученные результаты занести в протокол (см. далее).

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 _____

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	$t_{\text{зам.р-ля}}, ^\circ\text{C}$	0	10	
	$t_{\text{зам.р-ра}}, ^\circ\text{C}$	-1,03		
	$\Delta t_{\text{зам}}, ^\circ\text{C}$	1,03		
3. Определение молярной массы растворенного вещества	$M_{\text{в-ва пр}}, \text{г/моль}$	180,6	10	
	Вещество	Глюкоза		
	$M_{\text{в-ва теор}}, \text{г/моль}$	180		
4. Расчет относительной ошибки эксперимента	$\delta, \%$	0,3	10	
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	Приведите классификацию полимеров в зависимости от молекулярной массы		10	
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	Дайте определение термину «Молекулярно-массовое распределение полимеров»		10	

Вариант 2

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.

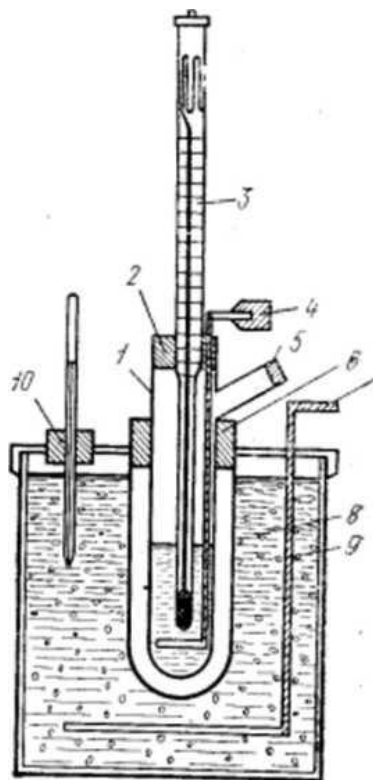


Рисунок. Схема прибора для определения температуры замерзания

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 (тр-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 $t, ^\circ\text{C}$ (р-ль) (с точностью $0,01^\circ\text{C}$) в пробирке криостата от времени с шагом 0,5 минут. На кривые 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 $t_{р-р}, ^\circ\text{C}$ (р-р) 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
$t, ^\circ\text{C}$ (р-ль)	5,23	4,02	3,56	3,25	2,92	2,02	1,23	0,12	-0,85	-1,93	-0,85	0,12	-0,56	-0,62	-0,82	-0,93	5,23
$t_{р-р}, ^\circ\text{C}$ (р-р)	3,21	3,01	2,82	1,02	-0,56	-1,69	-0,91	-1,12	-1,36	-1,56	-1,62	-1,78	-1,89	-1,93	-2,12	-2,53	3,21

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 $t_{зам,р-ля}$ и раствора $t_{зам,р-ра}$ (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 $\Delta t_{зам} = t_{зам,р-ля} - t_{зам,р-ра}$.

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:

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

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

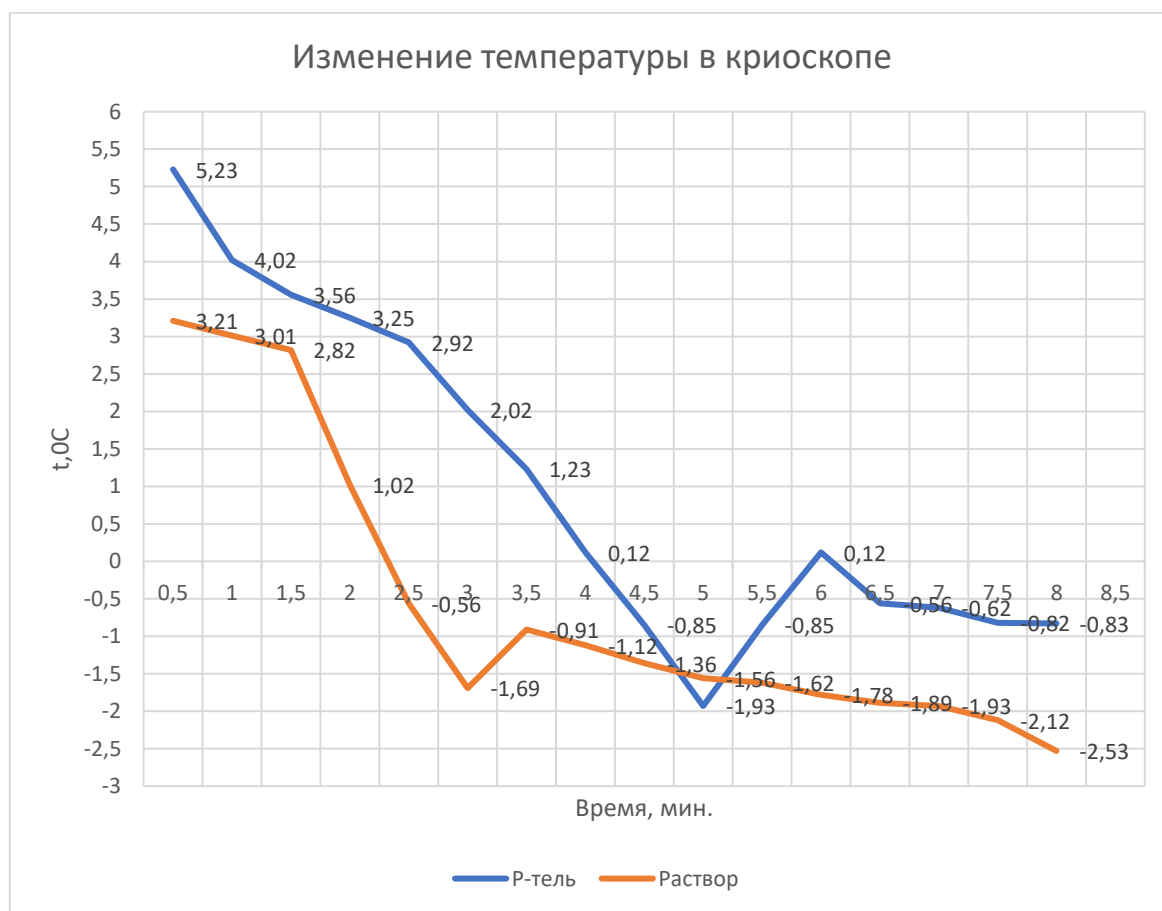
4. Рассчитать относительную ошибку δ (в %) с точностью **до целых** в определении молярной массы вещества по формуле:

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

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 № 2

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	$t_{\text{зам.р-ля}}, ^\circ\text{C}$	0,12	10	
	$t_{\text{зам.р-ра}}, ^\circ\text{C}$	-0,91		
	$\Delta t_{\text{зам}}, ^\circ\text{C}$	1,03		
3. Определение молярной массы растворенного вещества	$M_{\text{в-ва пр}}, \text{г/моль}$	180,6	10	
	Вещество	Глюкоза		
	$M_{\text{в-ва теор}}, \text{г/моль}$	180		
4. Расчет относительной ошибки эксперимента	$\delta, \%$	0,3	10	
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	Приведите классификацию полимеров в зависимости от химического состава		10	
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	Перечислите экспериментальные методы оценки среднечисловой молекулярной массы.		10	

Вариант 3

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.

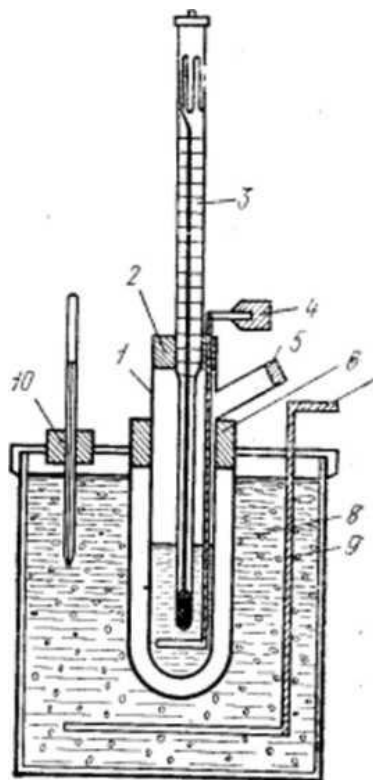


Рисунок. Схема прибора для определения температуры замерзания

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)	5,23	4,02	3,56	3,25	2,92	2,02	1,23	0,12	-0,85	-1,93	-0,85	0,12	-0,56	-0,62	-0,82	-0,93	5,23
$t_{p-p}, ^\circ\text{C}$ (p-p)	3,21	3,01	2,82	1,02	-0,56	-1,69	-0,98	-0,42	-0,86	-1,56	-1,62	-1,78	-1,89	-1,93	-2,12	-2,53	-3,21

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, сахароза) и его молярную массу $M_{в-ва теор}$

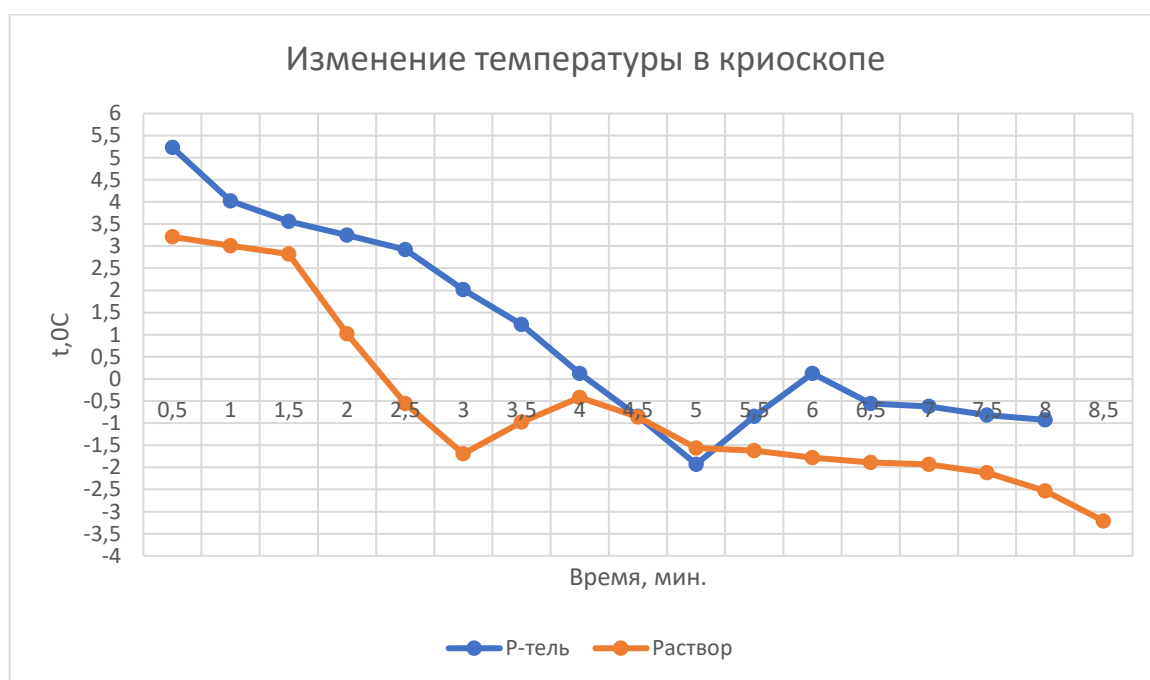
4. Рассчитать относительную ошибку δ (в %) с точностью до целых в определении молярной массы вещества по формуле:

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

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 № 3

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	$t_{\text{зам.р-ля}}, ^\circ\text{C}$	0,12	10	
	$t_{\text{зам.р-ра}}, ^\circ\text{C}$	-0,42		
	$\Delta t_{\text{зам}}, ^\circ\text{C}$	0,54		

3. Определение молярной массы растворенного вещества	$M_{\text{в-ва пр}}, \text{ г/моль}$	344,4	10	
	Вещество	Сахароза		
	$M_{\text{в-ва теор}}, \text{ г/моль}$	342		
4. Расчет относительной ошибки эксперимента	$\delta, \%$	0,7	10	
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	Приведите классификацию полимеров в зависимости от происхождения полимеров		10	
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	Перечислите экспериментальные методы оценки среднемассовой молекулярной массы.		10	

Вариант 4

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.

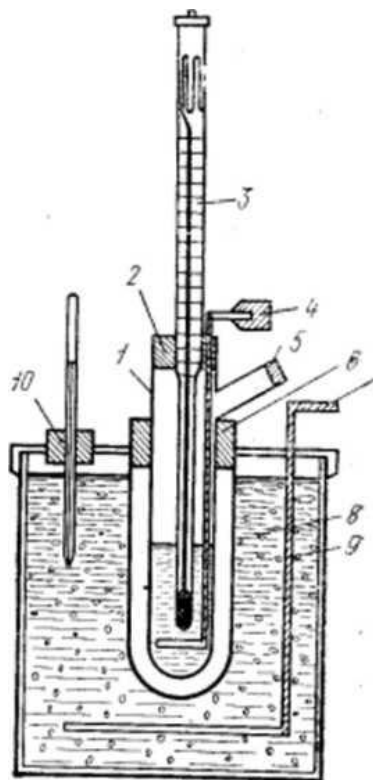


Рисунок. Схема прибора для определения температуры замерзания

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 $t, ^\circ\text{C}$ (р-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 $t_{p-р}, ^\circ\text{C}$ (р-р) 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
$t, ^\circ\text{C}$ (р-ль)	5,05	4,30	3,25	1,95	0,75	-0,25	-1,50	0,00	-0,15	-0,35	-0,60	-0,85	-1,15	-1,55	-2,05	-2,55	-2,85
$t_{p-р}, ^\circ\text{C}$ (р-р)	3,65	2,30	1,25	0,55	-1,25	-2,05	-3,35	-4,05	-0,54	-1,25	-1,35	-1,40	-1,55	-1,85	-2,15	-2,85	-3,25

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 $t_{зам.р-ля}$ и раствора $t_{зам.р-ра}$ (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 $\Delta t_{зам} = t_{зам.р-ля} - t_{зам.р-ра}$.
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:

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

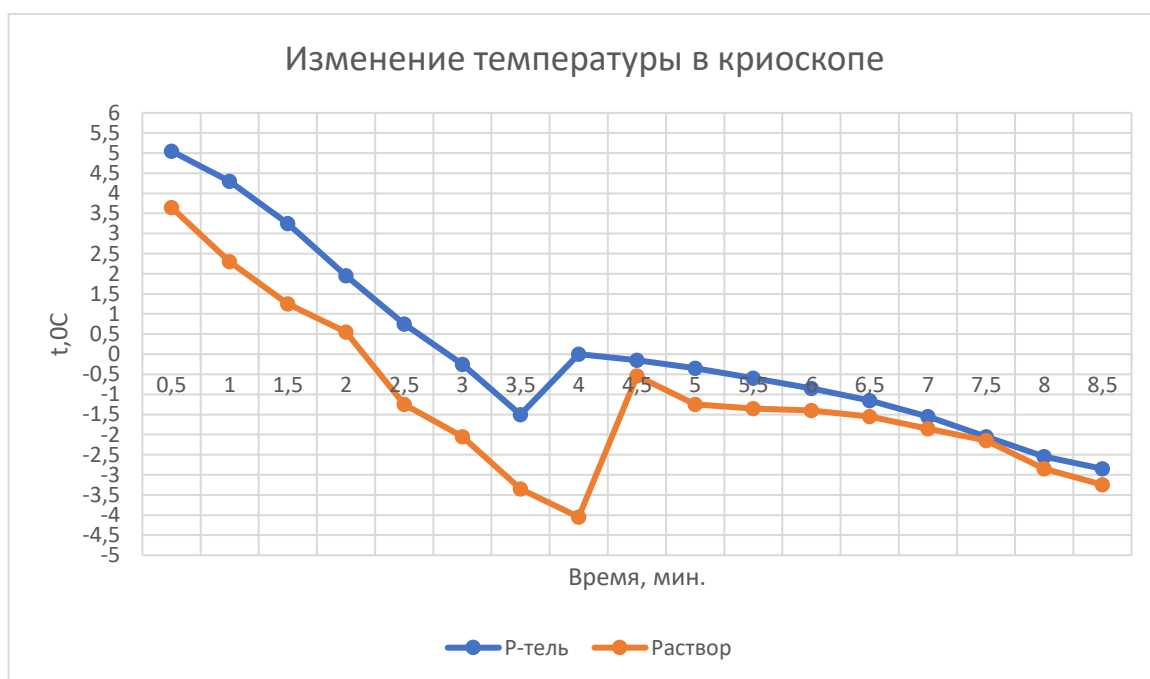
Исходя из полученного значения молярной массы вещества, определить растворяемое в ходе опыта вещество из представленного списка (мочевина, глюкоза, сахароза) и его молярную массу $M_{в-ва теор}$

4. Рассчитать относительную ошибку δ (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 № 4

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	$t_{\text{зам.р-ля}}, ^\circ\text{C}$	0	10	
	$t_{\text{зам.р-ра}}, ^\circ\text{C}$	-0,54		
	$\Delta t_{\text{зам}}, ^\circ\text{C}$	0,54		

3. Определение молярной массы растворенного вещества	$M_{\text{в-ва пр}}, \text{ г/моль}$	344,4	10	
	Вещество	Сахароза		
	$M_{\text{в-ва теор}}, \text{ г/моль}$	342		
4. Расчет относительной ошибки эксперимента	$\delta, \%$	0,7	10	
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	Приведите классификацию полимеров в зависимости от структуры полимеров		10	
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	Дайте определение термину «среднемассовая молекулярная масса полимера»		10	

Вариант 5

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.

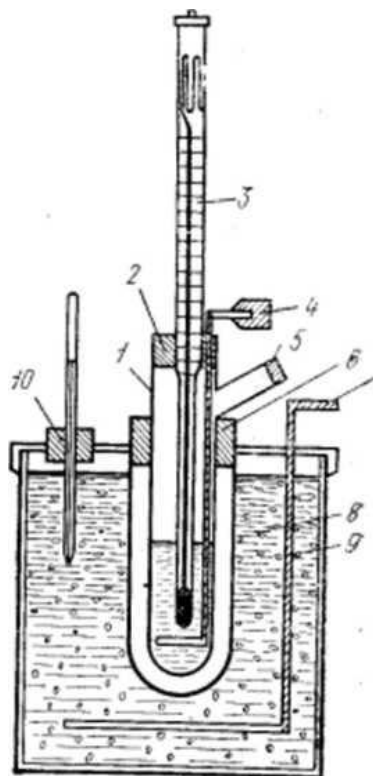


Рисунок. Схема прибора для определения температуры замерзания

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 $t, ^\circ\text{C}$ (р-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 $t_{p-p}, ^\circ\text{C}$ (р-р) 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
$t, ^\circ\text{C}$ (р-ль)	5,05	4,30	3,25	1,95	0,75	-0,25	-1,50	0,00	-0,15	-0,35	-0,60	-0,85	-1,15	-1,55	-2,05	-2,55	-2,85
$t_{p-p}, ^\circ\text{C}$ (р-р)	3,65	2,30	1,25	0,55	-1,25	-2,05	-3,35	-4,05	-0,54	-1,25	-1,35	-1,40	-1,55	-1,85	-2,15	-2,85	-3,25

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 $t_{зам.р-ля}$ и раствора $t_{зам.р-ра}$ (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 $\Delta t_{зам} = t_{зам.р-ля} - t_{зам.р-ра}$.

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:

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

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

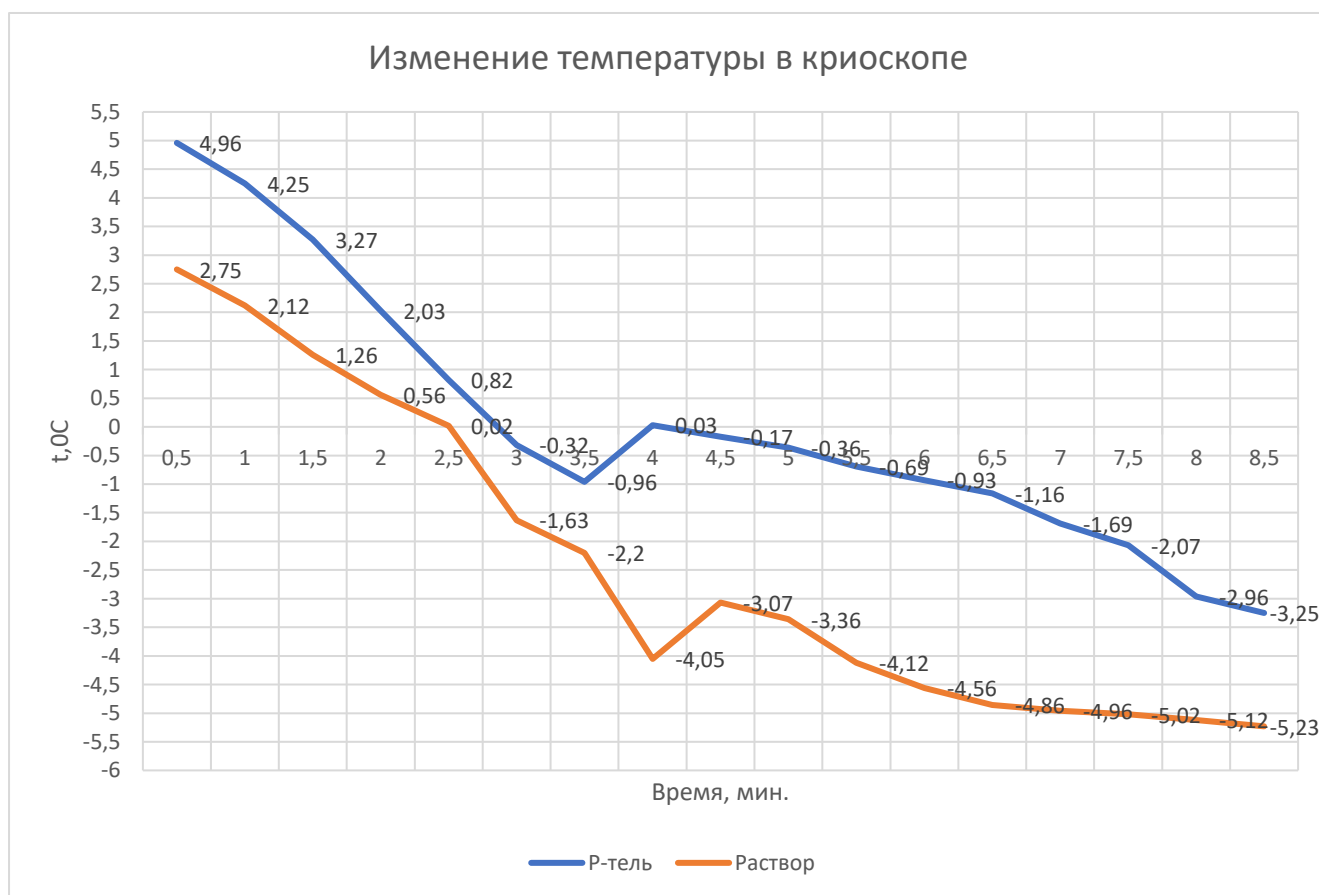
4. Рассчитать относительную ошибку δ (в %) с точностью до целых в определении молярной массы вещества по формуле:

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

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 № 5

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	$t_{\text{зам.р-ля}}, ^\circ\text{C}$	0,03	10	
	$t_{\text{зам.р-ра}}, ^\circ\text{C}$	-3,07		
	$\Delta t_{\text{зам}}, ^\circ\text{C}$	3,1		
3. Определение молярной массы растворенного вещества	$M_{\text{в-ва пр}}, \text{г/моль}$	60	10	
	Вещество	мочевина		
	$M_{\text{в-ва теор}}, \text{г/моль}$	60		
4. Расчет относительной ошибки эксперимента	$\delta, \%$	0	10	
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	Приведите классификацию полимеров в зависимости от состава мономеров		10	
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	Напишите кратко, в чем заключается суть определения молекулярной массы полимеров вискозиметрическим методом		10	

Вариант 6

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.

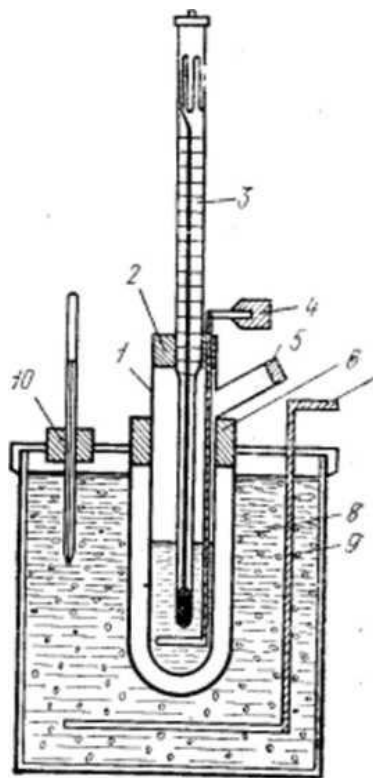


Рисунок. Схема прибора для определения температуры замерзания

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	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5
$t, ^\circ\text{C}$ (p-ль)	4,96	4,25	3,27	2,03	0,82	-0,32	-0,96	0,03	-0,17	-0,36	-0,69	-0,93	-1,16	-1,69	-2,07	-2,96	-3,25
$t_{p-p}, ^\circ\text{C}$ (p-p)	2,75	2,12	1,26	0,56	0,02	-1,63	-2,2	-1,63	-0,51	-3,56	-4,12	-4,56	-4,86	-4,96	-5,02	-5,12	-5,23

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, сахароза) и его молярную массу $M_{в-ва теор}$

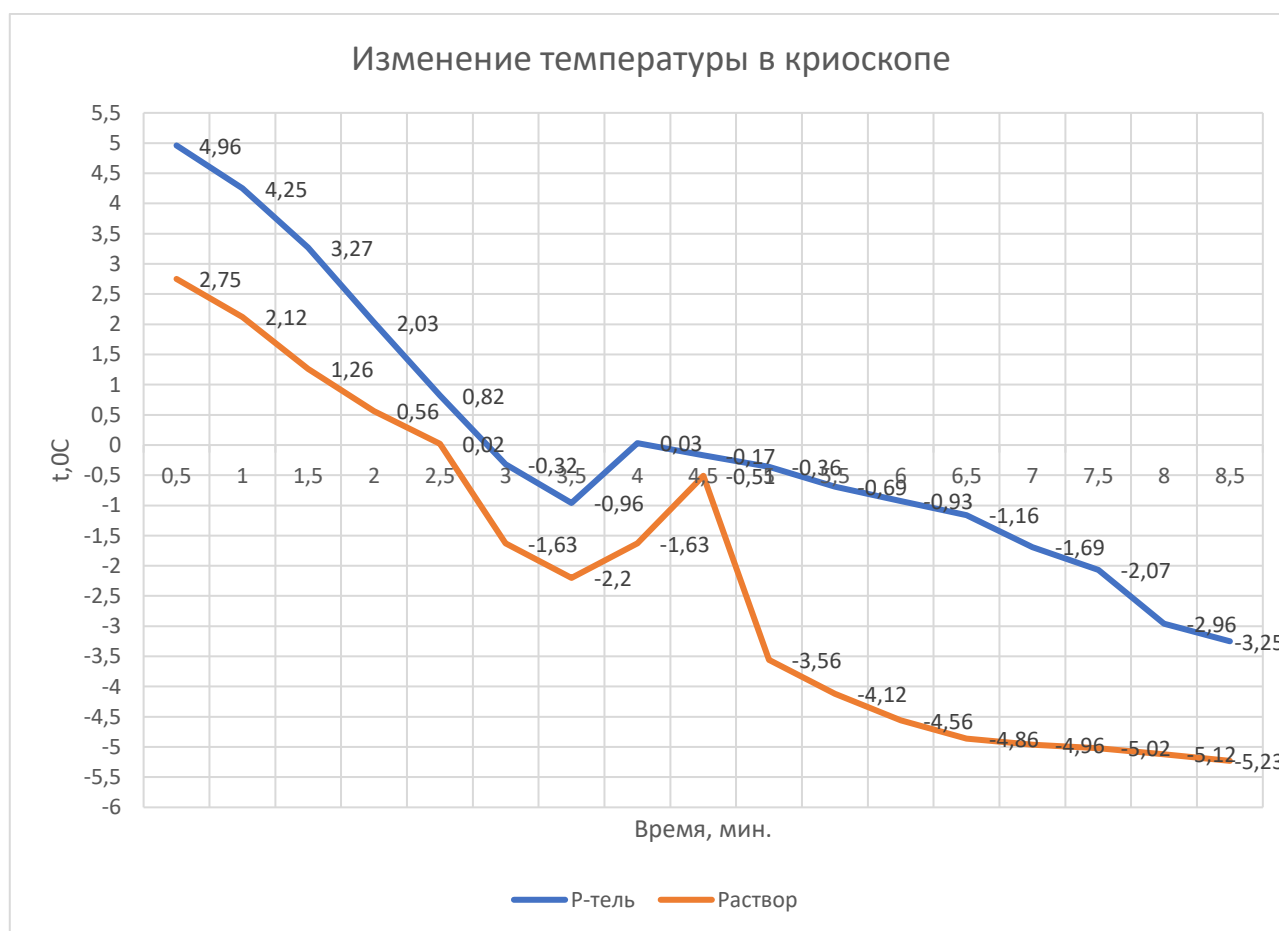
4. Рассчитать относительную ошибку δ (в %) с точностью до целых в определении молярной массы вещества по формуле:

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

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 № 6

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	$t_{\text{зам.р-ля}}, ^\circ\text{C}$	0,03	10	
	$t_{\text{зам.р-ра}}, ^\circ\text{C}$	-0,51		
	$\Delta t_{\text{зам}}, ^\circ\text{C}$	0,54		
3. Определение молярной массы растворенного вещества	$M_{\text{в-ва пр}}, \text{г/моль}$	344,4	10	
	Вещество	сахароза		
	$M_{\text{в-ва теор}}, \text{г/моль}$	342		
4. Расчет относительной ошибки эксперимента	$\delta, \%$	0,7	10	
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	Приведите классификацию полимеров в зависимости от того, как полимеры реагирует на нагревание		10	
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	Напишите кратко, в чем заключается суть определения молекулярной массы полимеров Осмометрическим методом		10	

Вариант 7

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.

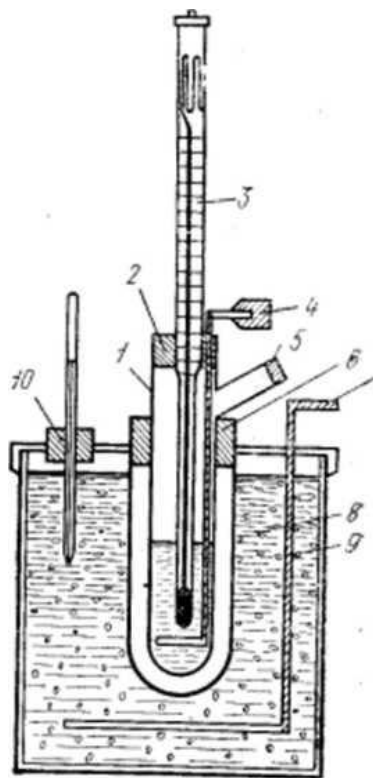


Рисунок. Схема прибора для определения температуры замерзания

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 $t, ^\circ\text{C}$ (р-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 $t_{p-p}, ^\circ\text{C}$ (р-р) 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	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5
$t, ^\circ\text{C}$ (р-ль)	4,96	4,25	3,27	2,03	0,82	-0,32	-0,96	0,08	-0,17	-0,36	-0,69	-0,93	-1,16	-1,69	-2,07	-2,96	-3,25
$t_{p-p}, ^\circ\text{C}$ (р-р)	2,75	2,12	1,26	0,56	0,02	-1,63	-2,2	-1,63	-0,95	-3,56	-4,12	-4,56	-4,86	-4,96	-5,02	-5,12	-5,23

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 $t_{зам,р-ля}$ и раствора $t_{зам,р-ра}$ (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 $\Delta t_{зам} = t_{зам,р-ля} - t_{зам,р-ра}$.

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:

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

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

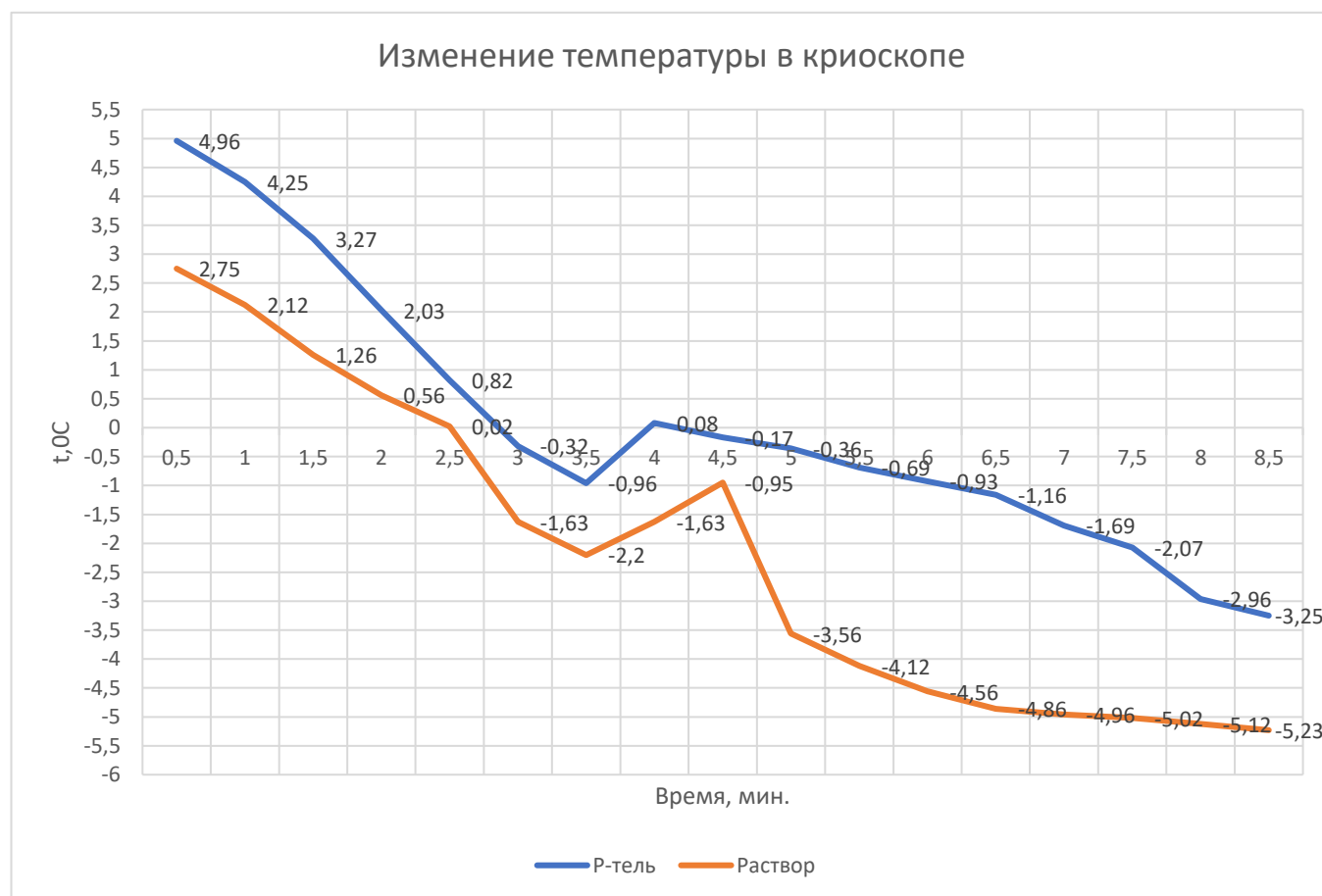
4. Рассчитать относительную ошибку δ (в %) с точностью до целых в определении молярной массы вещества по формуле:

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

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 № 7

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	$t_{\text{зам.р-ля}}, ^\circ\text{C}$	0,08	10	
	$t_{\text{зам.р-ра}}, ^\circ\text{C}$	-0,95		
	$\Delta t_{\text{зам}}, ^\circ\text{C}$	1,03		
3. Определение молярной массы растворенного вещества	$M_{\text{в-ва пр}}, \text{г/моль}$	180,6	10	
	Вещество	глюкоза		
	$M_{\text{в-ва теор}}, \text{г/моль}$	180		
4. Расчет относительной ошибки эксперимента	$\delta, \%$	0,33	10	
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	В чем отличие реакции полимеризации от реакции поликонденсации		10	
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	Напишите кратко, в чем заключается суть определения молекулярной массы полимеров эбулиоскопическим методом		10	

Вариант 8

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.

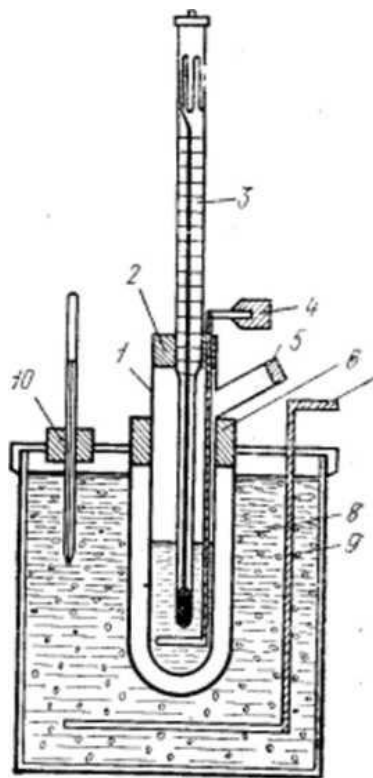


Рисунок. Схема прибора для определения температуры замерзания

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 (тр-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 $t, ^\circ\text{C}$ (р-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 $m_{\text{в-ва}}=10$ г исследуемого вещества и растворить в используемом растворителе, находящемся в пробирке криостата. Повторить вышеописанный опыт с получившимся раствором, измерив зависимость температуры $t_{\text{р-р}}, ^\circ\text{C}$ (р-р) 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	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5
$t, ^\circ\text{C}$ (р-ль)	5,23	4,02	3,56	3,25	2,92	2,02	1,23	0,12	-0,85	-1,93	-0,85	0,12	-0,56	-0,62	-0,82	-0,93	-0,96
$t_{\text{р-р}}, ^\circ\text{C}$ (р-р)	3,21	3,01	2,82	1,02	-0,56	-1,69	-2,98	-4,2	-2,98	-3,23	-3,33	-3,65	-3,68	-3,78	-3,89	-3,92	-4,02

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 $t_{\text{зам,р-ля}}$ и раствора $t_{\text{зам,р-ра}}$ (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 $\Delta t_{\text{зам}} = t_{\text{зам,р-ля}} - t_{\text{зам,р-ра}}$.

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

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

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

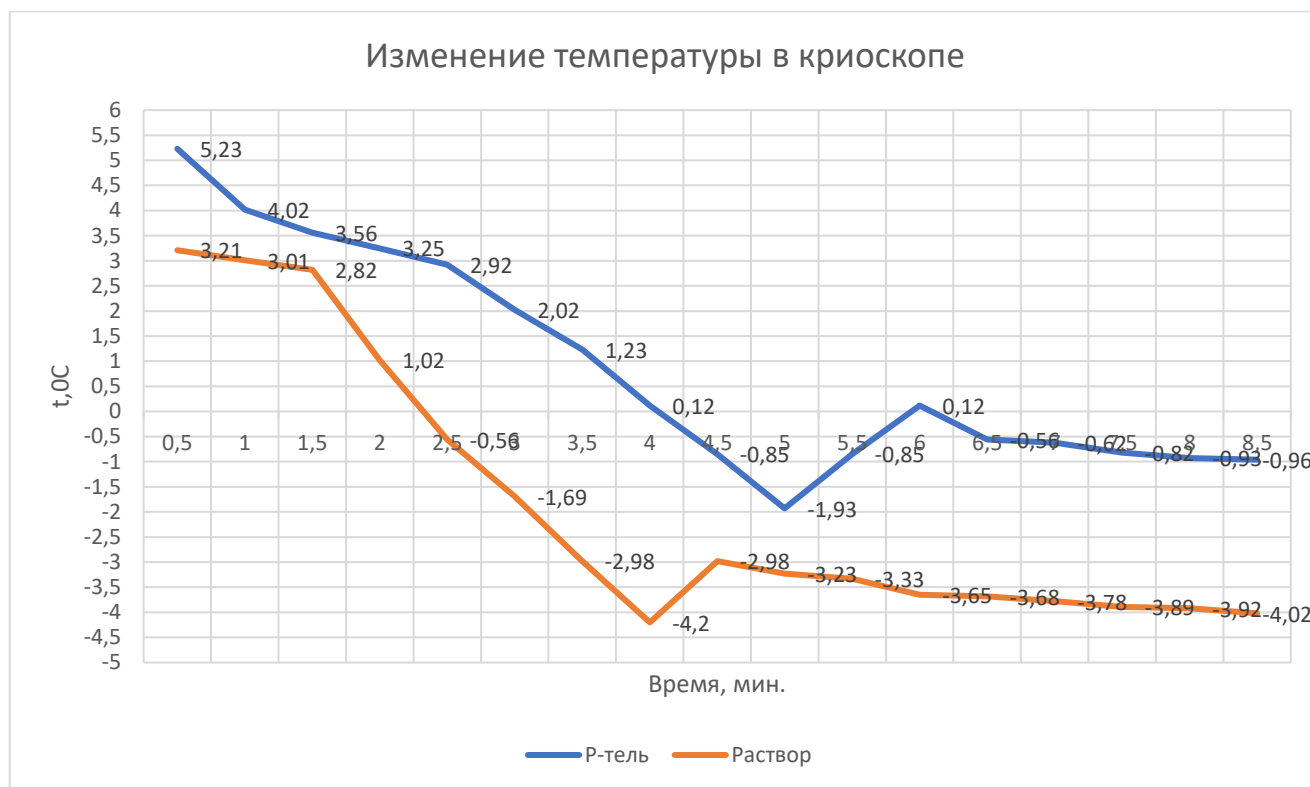
4. Рассчитать относительную ошибку δ (в %) с точностью до целых в определении молярной массы вещества по формуле:

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

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 № 8

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	
	$t_{\text{зам.р-ля}}, ^\circ\text{C}$	0,12	10

2. Определение разницы температур начала кристаллизации растворителя и раствора	$t_{\text{зам.р-ра}}, ^\circ\text{C}$	-2,98		
	$\Delta t_{\text{зам}}, ^\circ\text{C}$	3,1		
3. Определение молярной массы растворенного вещества	$M_{\text{в-ва пр}}, \text{г/моль}$	60	10	
	Вещество	мочевина		
	$M_{\text{в-ва теор}}, \text{г/моль}$	60		
4. Расчет относительной ошибки эксперимента	$\delta, \%$	0	10	
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	Приведите 5 примеров полимеров природного происхождения		10	
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	Напишите кратко, в чем заключается суть определения молекулярной массы полимеров методом светорассеяния		10	