



Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени  
сельскохозяйственная академия»



**Кафедра биологии растений и химии**

# **ХИМИЯ**

**Лабораторный практикум**

**Лабораторная работа**

**Криоскопический метод определения молекулярной  
массы**

**растворенных веществ и  
коллигативных свойств растворов**



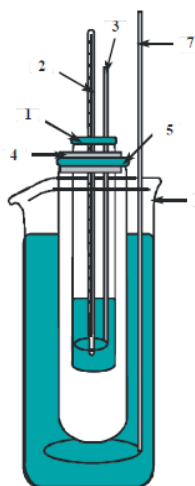
## Лабораторная работа

### Криоскопический метод определения молекулярной массы растворенных веществ и коллигативных свойств растворов

**Цель работы:** определить криоскопическим методом молекулярную массу растворенных веществ и изучить коллигативные свойства растворов.

**Оборудование и реактивы:** криоскоп с термометром Бекмана или термометром с ценой деления  $0,05-0,01^\circ$ , пипетка на  $25 \text{ см}^3$ , поваренная соль, снег или лед, глюкоза, мочевины, хлорид калия.

Основная часть криоскопа – это внутренняя пробирка с пробкой, через которую проходит термометр (рис.1). Через пробку проходит также отверстие, в которое вставлена мешалка. Внутренняя пробирка с термометром и мешалкой помещается в широкогорлую пробирку, служащую «воздушной рубашкой». Собранный прибор погружают через отверстие в крышке в толстостенный стакан, заполненный на  $2/3$  охлаждающей смесью, состоящей из мелкоизмельченного льда или снега и соли в весовом отношении  $5:1$ . Температура охлаждающей смеси должна поддерживаться путем добавления при перемешивании льда или снега на  $3-5^\circ$  ниже температуры замерзания растворителя. Температура охлаждающей смеси контролируется обычным термометром.



**Рис. 1. Прибор для криоскопических измерений:**  
1, 5) внутренняя и внешняя пробирки соответственно, 2) термометр, 3, 7)  
ручные механические мешалки, 4) прокладка,  
6) стакан с охлаждающей смесью



Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени  
сельскохозяйственная академия»



Термометр Бекмана предназначен для измерений малых разностей температур. Шкала термометра обычно разделена на 5–6°, цена деления 0,01°. Это позволяет с помощью лупы делать отсчеты с точностью до 0,002–0,003°.

В верхней части термометра имеется резервуар с ртутью, соединенный капилляром с нижним резервуаром. Это дает возможность при необходимости менять количество ртути в нижнем резервуаре. Перед работой следует установить термометр на измеряемую температуру замерзания растворителя (воды) таким образом, чтобы при 0 °С ртуть находилась в верхней части шкалы, примерно между четвертым и пятым делениями. Настройку начинают с приготовления охлаждающей смеси для термометра. Для этого в стакан берут около 500 см<sup>3</sup> воды и охлаждают льдом до температуры 2–3 °С. Температуру воды в стакане контролируют обычным термометром. Затем согревают ртуть нижнего резервуара рукой и дают ей возможность заполнить весь капилляр доверху и, переворачивая термометр верхним резервуаром вниз, добиваются соединения ртути верхнего и нижнего резервуаров. После этого **осторожно**, чтобы не разорвать ртутный столбик, термометр переворачивают в обычное вертикальное положение и погружают нижний резервуар в подготовленную охлажденную воду, выдерживая его около 5 мин и добавляя в воду лед. Затем, не вынимая термометра из стакана, ртутный столбик обрывают от верхнего резервуара путем резкого, но не сильного толчка указательным пальцем по верхней части термометра. Настройку термометра проверяют, погрузив его в стакан с охлаждающей смесью, имеющей температуру 0 °С. Ртутный столбик при этом должен находиться вверху примерно между четвертым и пятым делениями. После настройки термометр необходимо свободно закрепить в вертикальном положении в стакане со льдом с помощью штатива. На дно стакана можно предварительно положить кусочки картона.

**Опыт 1. Определение молекулярной массы вещества.** Чтобы определить молекулярную массу вещества криоскопическим методом вначале определяют экспериментально температуру замерзания растворителя и раствора.

*Определение температуры замерзания растворителя.* Во внутреннюю пробирку криоскопа вставляют обычный термометр и наливают 25 см<sup>3</sup> дистиллированной воды. Затем опускают эту пробирку в охлаждающую смесь и, помешивая растворитель мешалкой, охлаждают его до 1–2 °С.

Потом вместо обычного термометра в отверстие пробки пробирки вставляют термометр Бекмана так, чтобы резервуар с ртутью был полностью погружен в растворитель, а внутреннюю пробирку с термометром вытирают фильтровальной бумагой, переносят и закрепляют во внешнюю широкую пробирку, находящуюся в охлаждающей смеси. По термометру Бекмана наблюдают за понижением температуры растворителя. Поскольку охлаждение происходит медленно, жидкость во внутренней пробирке переохлаждается и не замерзает ниже точки ее замерзания (для воды ниже 0 °С). Однако при встряхивании растворителя в состоянии переохлаждения мешалкой сразу начинается кристаллизация, сопровождающаяся, как



правило, выделением тепла, и температура повышается до точки замерзания растворителя. Столбик ртути при этом поднимается и останавливается в точке замерзания. Здесь и выполняют с помощью лупы точный отсчет температуры по термометру Бекмана и записывают. Это и будет температура замерзания растворителя. С целью повышения точности опыт повторяют 2–3 раза и берут средний отсчет. Для этого внутреннюю пробирку с термометром и мешалкой вынимают из «воздушной рубашки» (широкой пробирки), теплом руки при перемешивании мешалкой расплавляют образовавшийся лед и опыт повторяют. Растворитель после опыта оставляют в пробирке.

*Определение температуры замерзания раствора.* По указанию преподавателя берут вещество, молекулярную массу которого необходимо определить. Взвешивают на аналитических весах навеску этого вещества в пределах 0,30–0,60 г с точностью до 0,0002 г и всыпают в растворитель во внутренней пробирке. Перемешивают раствор мешалкой, помещают в охлаждающую смесь. Измерение температуры замерзания раствора производят аналогично измерению температуры замерзания растворителя. Опыт повторяют 2–3 раза. Данные записывают в таблицу. Используя уравнения, рассчитывают  $\Delta T$  и молекулярную массу.

$$\Delta T = K \cdot C_m,$$

где  $\Delta T$  – относительное понижение температуры замерзания или повышение температуры кипения раствора;  $K$  – криоскопическая постоянная растворителя, град/моль;  $C_m$  – моляльная концентрация растворенного вещества, моль/кграстворителя (моляльность раствора), которая определяется:  $C_m = m_{\text{вещества}} / (M \cdot m_{\text{растворителя}})$ .

Наименование жидкости	Температура замерзания				$\Delta T = T_0 - T_1$
	1-й отсчет	2-й отсчет	3-й отсчет	Средняя	
Растворитель ( $T_0$ ) Раствор ( $T_1$ )					

**Опыт 2. Определение степени электролитической диссоциации хлорида калия.** Определение кажущейся степени диссоциации хлорида калия проводят по описанной в опыте 1 методике. Взвешивают (с точностью до 0,0002 г) 0,5 г хлорида калия и высыпают в 25 см<sup>3</sup> растворителя внутренней пробирки, температура которого определена ранее. Нагревают пробирку рукой и определение повторяют 2–3 раза. Полученные результаты заносят в таблицу, аналогичную таблице в опыте 1. Получают  $\Delta T$  экспериментальное ( $\Delta T_{\text{эксп}}$ ). По уравнениям рассчитывают  $\Delta T$  теоретическое ( $\Delta T_{\text{теор}}$ ). Затем, используя уравнения, рассчитывают изотонический коэффициент  $i$  и кажущуюся степень электролитической диссоциации  $a$ .

Изотонический коэффициент Вант-Гоффа показывает, во сколько раз общее число частиц в растворе (ионов и недиссоциированных молекул) больше первона-



чального числа молекул электролита, внесенного в раствор. Изотонический коэффициент  $i$  рассчитывают по формуле

$$i = \frac{\Delta T_{\text{эксп}}}{\Delta T_{\text{теор}}},$$

где  $\Delta T_{\text{эксп}}$  – понижение температуры замерзания или повышение температуры кипения раствора, полученное экспериментально, т. е. опытным путем;  $\Delta T_{\text{теор}}$  – то же, полученное теоретически, т. е. расчетным путем.

Зная величину изотонического коэффициента  $i$ , можно вычислить степень электролитической диссоциации слабого электролита ( $\alpha$ ):

$$i = 1 + \alpha(n - 1), \text{ или } \alpha = \frac{i - 1}{n - 1},$$

где  $n$  – число ионов, на которое диссоциирует электролит.

Для бинарного электролита  $\alpha = i - 1$ .

**Опыт 3. Определение осмотического давления раствора.** Гидростатическое давление, которое необходимо приложить к раствору, чтобы задержать осмос, называется осмотическим давлением.

На основании данных опытов 1 и 2, используя формулы, рассчитывают осмотическое давление неэлектролитов и электролитов.

Вант-Гофф установил зависимость осмотического давления от концентрации раствора и от температуры:

$$P_{\text{осм}} = C \cdot R \cdot T,$$

а для растворов электролитов  $P_{\text{осм}} = i \cdot C \cdot R \cdot T$ , где  $P_{\text{осм}}$  – осмотическое давление;  $R$  – универсальная газовая постоянная;  $T$  – абсолютная температура.

*По результатам работы сделать вывод.*



Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени  
сельскохозяйственная академия»



## ЛИТЕРАТУРА

### Основная

1. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов/ Н. С. Ахметов. – М.: Высш. шк., 2006. – 743. .
2. Барковский, Е. В. Аналитическая химия: Учеб. пособие/ Е. В. Барковский. – Мн.: Высш. шк., 2004. – 351 с.
3. Барковский, Е. В. Введение в химию биогенных элементов и химический анализ: Учеб. пос./ Е. В. Барковский, С. В. Ткачев и др. – М.: Высш. шк., 1997. –126 с.
4. Болдырев, А. И. Физическая и коллоидная химия. – М.: Высш. шк., 1983.
5. Гольбрайх, З. Е. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие/ З. Е. Гольбрайх.–М.:ООО «Издательство Астрель»,2004.–383с
6. Грандберг, И.И. Органическая химия: Учеб. для студ. вузов обучающихся на агрономических специальностях/ И. И. Грандберг. – М.: Дрофа, 2004. –672 с.
7. Князев Д. А. Неорганическая химия: Учебник для вузов/ Д. А. Князев, С. Н. Смарилин. – М.: Высш. шк., 1990. – 430 с.
8. Руководство к изучению курса “Общая и неорганическая химия”: Пособие для студентов нехимических специальностей / И. Е. Шиманович [и др.]; под ред. И.Е. Шимановича. – 3-е изд. – Минск: РИВШ, 2008. – 112 с.
9. Химия. Курс лекций: учебно-методическое пособие / О. В. Поддубная [и др.]. – Горки : БГСХА, 2024. – 383 с.
10. Химия. Лабораторный практикум: учеб. пособие/А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная, И. В. Ковалева, Т. В. Булак.–Минск: ИВЦ Минфина, 2015. – 320 с.
11. Угай Я. А. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов/ Я. А. Угай. 4-е изд. – М.: Высш. шк., 2004. – 440 с.
12. Химия: учебно-методический комплекс: Учебно-методическое пособие / О. В. Поддубная, И.В. Ковалева и др. – Горки: БГСХА, 2011. – 452 с. ISBN 978-985-467-359-2
13. Хмельницкий, Р. А. Физическая и коллоидная химия: Учебник для вузов/ Р. А. Хмельницкий. – М.: Высш. шк., 1988.
14. Цитович, Н. К. Курс аналитической химии: Учебник для вузов/ Н. К. Цитович. – М.: Высш. шк., 1987. – 397 с.
15. Цыганов, А. Р. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие / А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 236 с.
16. Щербина, А.Э. Органическая химия. Задачи и упражнения: Учеб. пособие / А.Э. Щербина, Л.Г. Матусевич, И.В. Сенько. – Минск : Новое знание, 2007. – 304 с.

### Дополнительная

1. Белясова, Н.А. Биохимия и молекулярная биология: Учеб. пособие/ Н.А. Белясова. – Минск: Книжный дом, 2004. – 416 с.
2. Введение в лабораторный практикум по неорганической химии: Учеб. пособие / В.В. Свиридов, Г.А.Попкович и др. – Мн : Высш. шк., 2003. – 96 с.
3. Дорохова, Е. Н. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа: Учебник для почвенно-агрохимических специальностей / Е. Н. Дорохова, Г. В. Прохорова. – М.: Высш. шк., 1991. – 354 с.
4. Жарский, И. М. Теоретические основы химии: сборник задач: Учеб. пособие. – Минск.: Аверсев, 2004. – 397 с.
5. Практикум по общей и биоорганической химии: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / под ред. В. А. Попкова. – 3-е изд. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 240 с.
6. Слесарев, В. И. Химия: основы химии живого: Учебник для вузов / В. И. Слесарев. – СПб: Химиздат, 2001. – 784 с.
7. Степин, Б. Д. Неорганическая химия: Учебник для вузов/ Б. Д. Степин, А.А. Цветков. – М.: Высш. шк., 1994. – 608 с.

### Справочники:

1. Краткий химический справочник. – М.: Химия, 1977.
2. Кольман, Я. Наглядная биохимия: Пер. с нем/ Я.Кольман, К.Г. Рем. – М.: Мир, 2000. – 469 с.
3. Лидин, Р.А. Химические свойства неорганических веществ/ Под ред. Р.А. Лидина. – 5-е изд., стер. – М.: КолосС, 2008, – 480 с.



Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени  
сельскохозяйственная академия»



Составители  
**Поддубная** Ольга Владимировна  
**Ковалева** Ирина Владимировна