



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



**Кафедра биологии растений и химии**

# **ХИМИЯ**

**Лабораторный практикум**

**Лабораторная работа  
Получение и свойства  
одноосновных карбоновых кислот**



## Лабораторная работа Получение и свойства одноосновных карбоновых кислот

Одноосновными или монокарбоновыми кислотам и называют производные углеводов, у которых один атом водорода замещен на одну карбоксильную группу  $-\text{COOH}$ . В этой сложной функциональной группе соединены друг с другом две простые кислородсодержащие группировки: карбонильная  $>\text{C}=\text{O}$  и гидроксильная  $-\text{OH}$ . Число карбоксильных групп характеризует основность кислот. В зависимости от характера углеводородного радикала различают предельные, непредельные и ароматические карбоновые кислоты. Общая формула гомологического ряда предельных одноосновных карбоновых кислот  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}-\text{COOH}$ .

Для одноосновных карбоновых кислот наиболее употребительны тривиальные, исторически возникшие названия, происходящие в большинстве случаев от названий природных источников, из которых кислота была впервые получена. По рациональной номенклатуре гомологи кислот, стоящие после уксусной кислоты, рассматривают как замещенные уксусной кислоты и называют по названию входящих радикалов с прибавлением слов *уксусная кислота*. По систематической номенклатуре IUPAC названия кислот состояются из названий углеводов с тем же общим числом атомов углерода, что и в кислоте, с прибавлением окончания *-овая кислота*. Остаток любой карбоновой кислоты, образованный отнятием гидроксильной группы карбоксила, общего строения  $\text{R}-\text{COOH}$  называется кислотным, или ацильным, радикалом.

Карбоновые кислоты получают с помощью реакций окисления первичных спиртов, альдегидов, олефинов, кетонов, реакций омыления тригалогензамещенных, нитрилов, амидов, сложных эфиров, ангидридов, реакций с металлоорганическими соединениями и оксосинтеза.

Физические свойства зависят от состава и строения кислот. По мере увеличения молекулярной массы растворимость кислот в воде понижается, плотность уменьшается, температура кипения возрастает. Кислоты с нечетным числом атомов углерода плавятся при более низкой температуре, чем ближайšie кислоты с четным числом атомов углерода. В спирте и эфире все кислоты растворимы. Молекулы их ассоциированы. В водном растворе кислоты диссоциируют на ионы. Под влиянием карбонильной группы подвижность водорода в гидроксиде настолько увеличивается, что он способен к отщеплению в виде протона.

Химические свойства одноосновных карбоновых кислот обусловлены свойствами карбоксильной группы и связанного с ней углеводородного радикала, а также их взаимным влиянием. Все реакции, в которые вступают кислоты, можно разделить на четыре группы: реакции атома водорода в карбоксиде, реакции гидроксильной группы карбоксила, реакции связанного с карбоксидом углеводородного радикала и реакции карбоксильной группы в целом. Карбоновые насыщенные кислоты легко



образуют соли, ангидриды, хлорангидриды, амиды, нитрилы, эфиры и взаимодействуют с галогенами, которые замещают атомы водорода радикала, находящиеся в  $\alpha$ -положении. Непредельные кислоты к тому же способны к реакциям присоединения, окисления и полимеризации.

*Реактивы и материалы:* муравьиная, уксусная, пропионовая, олеиновая, стеариновая, щавелевая, янтарная, молочная и винная кислоты, ацетат натрия, уксусный ангидрид, этиловый спирт, анилин, растительный жир, петролейный эфир, диэтиловый эфир, бензин, хлороформ, четыреххлористый углерод, мыло, ацетат свинца.

**Опыт 1. Растворимость карбоновых кислот в воде.** В отдельные пробирки помещают по 0,2-0,5 г уксусной, пропионовой, масляной и стеариновой кислот. Приливают в каждую пробирку по 3-4 мл воды и взбалтывают. Если кислота нерастворима в холодной воде, то содержимое пробирки нагревают. Отмечают, какие из кислот растворяются в воде при комнатной температуре, какие – при нагревании и какие – совсем не растворяются. Охлаждают нагретые пробирки погружением в кристаллизатор с холодной водой и наблюдают выпадение осадка труднорастворимых кислот. В пробирки с труднорастворимыми кислотами прибавляют немного 10%-го раствора гидроксида натрия и взбалтывают. Наблюдают растворение осадка благодаря образованию соли:  $R-COOH + NaOH \rightarrow R-COONa + H_2O$ .

**Опыт 2. Обнаружение карбоновых кислот с помощью индикаторов.** В пробирку помещают небольшое количество одной из следующих кислот: муравьиной, уксусной, пропионовой, масляной и валериановой, добавляют 4-5 см<sup>3</sup> воды и взбалтывают. К полученной смеси приливают несколько капель водного раствора лакмуса. Можно использовать индикаторные бумажки. Наблюдают изменение цвета лакмуса из синего в красный, что указывает на диссоциацию карбоновых кислот в водных растворах:  $R-COOH \leftrightarrow R-COO^- + H^+$ .

**Опыт 3. Образование солей карбоновых кислот.** Взаимодействие кислот с металлами. В две пробирки наливают по 2-3 см<sup>3</sup> 50%-го раствора уксусной кислоты. В одну добавляют стружки магния, в другую – кусочки цинка. Наблюдают взаимодействие уксусной кислоты с магнием и цинком. При этом выделяется водород, и образуются соли. В первом случае образуется ацетат магния:  $2CH_3COOH + Mg \rightarrow (CH_3COO)_2Mg + H_2$ .

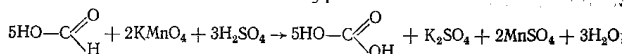
Во втором – ацетат цинка:  $2CH_3COOH + Zn \rightarrow (CH_3COO)_2Zn + H_2$ . Если с цинком реакция протекает медленно, то реакционную смесь нагревают. Аналогичные опыты проводят и с другими жидкими кислотами. К 3 см<sup>3</sup> концентрированного раствора ацетата натрия прибавляют 1 см<sup>3</sup> 5%-го раствора нитрата серебра. Выпадает белый осадок ацетата серебра:  $CH_3COONa + AgNO_3 \rightarrow CH_3COOAg + NaNO_3$ . Во вторую пробирку к 3 мл 2%-го раствора ацетата натрия прибавляют 2-3 см<sup>3</sup> 2%-го раствора хлорида железа (III). Образуется ацетат железа (III) красно-бурого цвета:  $3CH_3COONa + FeCl_3 \rightarrow (CH_3COO)_3Fe + 3NaCl$ . Если полученный раствор ацетата железа прокипятить, то образуется основная соль, которая выпадает в виде красно-бурого осадка:  $(CH_3COO)_3Fe + 2H_2O \rightarrow (CH_3COO)_2Fe(OH) + 2CH_3COOH$ .



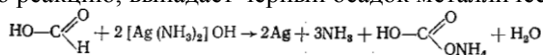
**Опыт 4. Гидролиз солей карбоновых кислот.** К 3-4 см<sup>3</sup> 2%-го ацетата натрия прибавляют 2-3 капли 1%-го водно-спиртового раствора фенолфталеина. Появляется едва заметная розовая окраска. Если нагреть содержимое пробирки, то гидролиз усиливается и раствор окрашивается в ярко-розовый цвет:  $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{HON} \leftrightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH}$ . Для опыта можно также взять мыло, т. е. стеарат натрия  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa}$  или пальмитат натрия  $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COONa}$ .

**Опыт 5. Свойства муравьиной кислоты.** Разложение муравьиной кислоты. В пробирку, снабженную пробкой с газоотводной трубкой, наливают 2-3 см<sup>3</sup> муравьиной кислоты, добавляют 1-2 см<sup>3</sup> конц. серной кислоты и нагревают на слабом огне. Муравьиная кислота при этом разлагается с выделением оксида углерода (II):  $\text{HCOOH} \leftrightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ . При поджигании оксид углерода (II) сгорает голубоватым пламенем до углекислого газа:  $2\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2$ . Опыт следует проводить в вытяжном шкафу.

**Окисление муравьиной кислоты перманганатом калия.** В пробирку, снабженную пробкой с газоотводной трубкой, наливают 1-2 см<sup>3</sup> муравьиной кислоты, 2 см<sup>3</sup> 10%-го раствора серной кислоты и 4-5 см<sup>3</sup> 5%-го раствора перманганата калия. Газоотводную трубку погружают в пробирку с раствором известковой или баритовой воды. Реакционную смесь осторожно нагревают. При этом она сначала буреет, затем обесцвечивается и выделяется углекислый газ, который обнаруживается по появлению мути при пропускании его через известковую воду. Легкая окисляемость муравьиной кислоты объясняется наличием в муравьиной кислоте альдегидной группы:



**Восстановление аммиачного раствора оксида серебра.** К 2-3 см<sup>3</sup> свежеприготовленного аммиачного раствора оксида серебра прибавляют около 1 мл муравьиной кислоты. Довольно быстро, особенно при легком нагревании, если раствор имеет достаточно кислую реакцию, выпадает черный осадок металлического серебра:



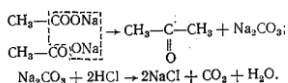
**Опыт 6. Свойства уксусной кислоты.** Получение уксусной кислоты из ацетата натрия. В пробирку насыпают 2-3 г кристаллического ацетата натрия и прибавляют 2-3 см<sup>3</sup> концентрированной серной кислоты. Смесь нагревают на пламени горелки. При этом выделяются пары уксусной кислоты, которая обнаруживается по изменению цвета синей лакмусовой бумажки:  $2\text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Na}_2\text{SO}_4$ .

Устойчивость уксусной кислоты к окислителям. К 1 см<sup>3</sup> 5%-го раствора уксусной кислоты прибавляют 0,5 см<sup>3</sup> 1%-го раствора перманганата калия и 1 см<sup>3</sup> 10%-го раствора серной кислоты. Обесцвечивания перманганата калия не наблюдается, что указывает на устойчивость уксусной кислоты к окислителям.

Образование ацетона из ацетата натрия. В сухую пробирку помещают 2-3 г безводного ацетата натрия и нагревают в течение некоторого времени на пламени го-



релки. Происходит разложение ацетата натрия с образованием ацетона и карбоната натрия. К охлажденному продукту реакции прибавляют 1-2 см<sup>3</sup> 10%-го раствора соляной кислоты. Наблюдается вскипание реакционной смеси вследствие выделения углекислого газа:

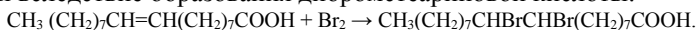


**Опыт 7. Свойства высших жирных кислот.** Получение свободных высших кислот. Около 1 г мыла растворяют в 8-10 см<sup>3</sup> дистиллированной воды при нагревании. К полученному раствору прибавляют 3-4 см<sup>3</sup> 5%-го р-ра серной кислоты. При этом выделяется осадок:  $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COONa} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH} + \text{NaHSO}_4$ .

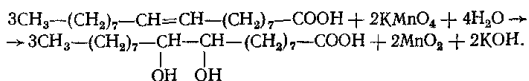
Образование нерастворимых солей высших жирных кислот. К 3 см<sup>3</sup> 0,5%-го раствора мыла прибавляют несколько капель 10%-го раствора хлорида кальция. Наблюдают образование осадка нерастворимых кальциевых солей высших жирных кислот:  $2\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa} + \text{CaCl}_2 \rightarrow (\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_2\text{Ca} + 2\text{NaCl}$ . Во вторую пробирку к 3 мл 0,5%-го раствора мыла прибавляют 0,5-1 мл 5%-го раствора ацетата свинца. В этом случае образуется нерастворимая в воде свинцовая соль высших жирных кислот:  $2\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa} + (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb} \rightarrow (\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_2\text{Pb} + 2\text{CH}_3\text{COONa}$ .

**Гидролиз мыла.** В сухую пробирку наливают около 1 мл спиртового раствора мыла и прибавляют несколько капель 1%-го раствора фенолфталеина. К полученной смеси постепенно приливают дистиллированную воду. Появляется характерная малиновая окраска:  $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COONa} + \text{HON} \rightarrow \text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH} + \text{NaOH}$ . Щелочная среда обусловлена реакцией гидролиза мыла в водном растворе.

**Опыт 8. Свойства непредельных карбоновых кислот.** Взаимодействие олеиновой кислоты с бромом. В пробирку наливают 1-2 мл олеиновой кислоты, добавляют 4-5 мл бромной воды и сильно встряхивают. Наблюдается обесцвечивание бромной воды вследствие образования дибромстеариновой кислоты:



**Окисление олеиновой кислоты перманганатом калия.** В пробирку наливают 1-2 мл олеиновой кислоты, добавляют 2-3 мл 0,1%-го раствора перманганата калия, подщелоченного раствором соды, и сильно взбалтывают. Обесцвечивается раствор перманганата калия, образуется диоксистеариновая кислота и выделяется оксид марганца (IV):



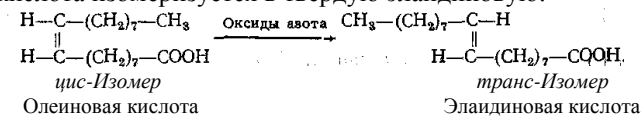
**Элаидиновая проба, или превращение олеиновой кислоты в элаидиновую.** В пробирку наливают 2 см<sup>3</sup> олеиновой кислоты, добавляют столько же насыщенного раствора нитрита натрия и 1 см<sup>3</sup> 20%-го раствора серной кислоты. Смеси встряхи-



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



вают. Образуются оксиды азота. Под влиянием выделяющихся оксидов азота жидкая олеиновая кислота изомеризуется в твердую элаидиновую:





## 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. Лабораторный практикум: учеб. пособие/А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная, И. В. Ковалева, Т. В. Булак.–Минск: ИВЦ Минфина, 2015. – 320 с.
10. Угай Я. А. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов/ Я. А. Угай. 4-е изд. – М.: Высш. шк., 2004. – 440 с.
11. 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
12. Хмельницкий, Р. А. Физическая и коллоидная химия: Учебник для вузов/ Р. А. Хмельницкий. – М.: Высш. шк., 1988.
13. Цитович, Н. К. Курс аналитической химии: Учебник для вузов/ Н. К. Цитович. – М.: Высш. шк., 1987. – 403 с.
14. Цыганов, А. Р. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие / А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 236 с.
15. 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.



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



3. Лидин, Р.А. Химические свойства неорганических веществ/ Под ред. Р.А. Лидина. – 5-е изд., стер. – М.: КолосС, 2008, – 480 с.

Составители

**Поддубная** Ольга Владимировна  
**Ковалева** Ирина Владимировна  
**Мохова** Елена Владимировна  
**Шагитова** Марина Николаевна