



Сложные эфиры и жиры

Сложные эфиры – производные карбоновых или неорганических кислот, образующиеся при их взаимодействии со спиртами по реакции этерификации.

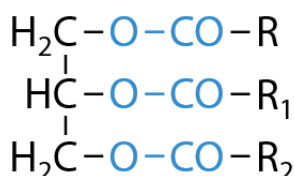
Сложноэфирный фрагмент $-C(O)-O-$ является функциональной группой. Общая формула для предельных (насыщенных) сложных эфиров:



Сложноэфирный
фрагмент

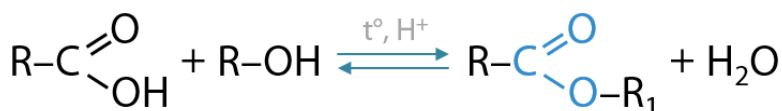
Один из частных случаев сложных эфиров – **жиры** – производные высших карбоновых кислот, образующиеся при их взаимодействии с глицерином (трехатомный спирт) по реакции этерификации. Другое название – «**триглицериды**», так как в состав жиров входит три остатка карбоновых кислот и один остаток от глицерина.

Общая формула для предельных (насыщенных) жиров:

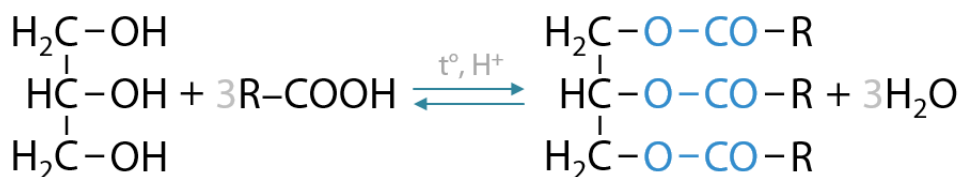


Общая формула жиров
(триглицериды)

Общий вид процесса образования сложных эфиров и жиров – реакция этерификации. Заметьте, что побочным продуктом всегда является вода H_2O :



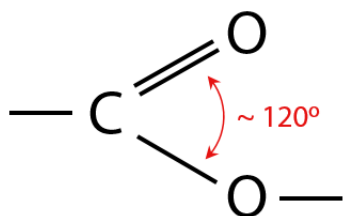
Пропантириол-1,2,3
(глицерин)



Пропантириол-1,2,3
(глицерин)

Строение

И у сложных эфиров, и у жиров в структуре встречается сложноэфирный функциональный фрагмент $-C(O)-O-$, которому характерно геометрическое строение плоский треугольник с углами $\sim 120^\circ$ между любыми связями за счет sp^2 -гибридизации карбоксильного атома углерода:



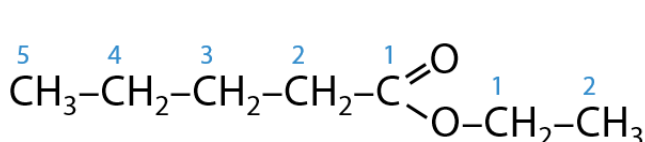
Сложные эфиры не обладают выраженными кислотными или основными свойствами.

Номенклатура

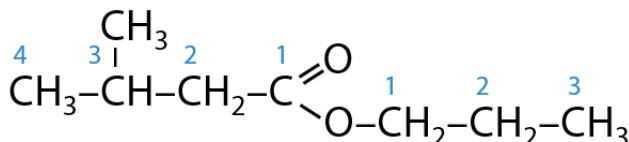
Систематическая номенклатура (IUPAC)

Первоначально необходимо сформировать название спиртового радикала. В нем нумеруются все заместители, начиная с ближайшего атома углерода к сложноэфирному фрагменту.

Для формирования названия кислотного остатка нужно пронумеровать все атомы углерода в главной цепи, начиная с карбоксильного, и использовать ее систематическое название с изменением окончания «**овая кислота**» на суффикс «**оат**»:

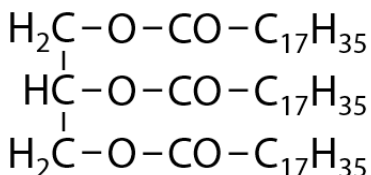


Этилпентаноат

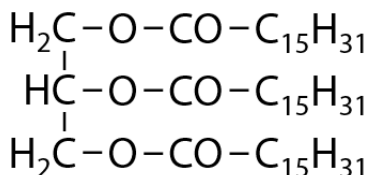


Пропил-3-метилбутаноат

Для формирования названия жира необходимо перечислить в алфавитном порядке тривиальные названия кислот, соответствующих кислотным фрагментам в структуре, с заменой окончания «**овая кислота**» на «**оил**», а в конце назвать спиртовой фрагмент – «**глицерин**»:



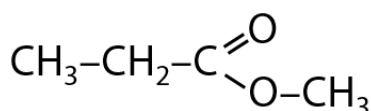
Тристеароилглицерин



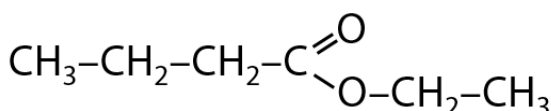
Трипальмитоилглицерин

Рациональная номенклатура

К названию спиртового фрагмента сложного эфира добавляют название аниона карбоновой кислоты, соответствующей кислотному остатку:



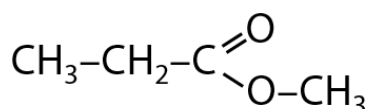
Метилпропионат



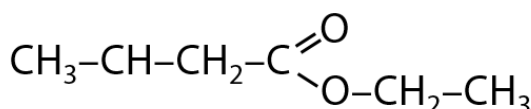
Этилбутират



Другой вариант названий сложных эфиров может быть получен в результате объединения тривиальных названий, соответствующих спирту и кислоте, с добавлением слова «эфир»:

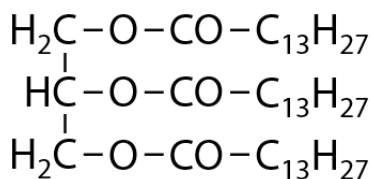


Метилловый эфир
пропионовой кислоты

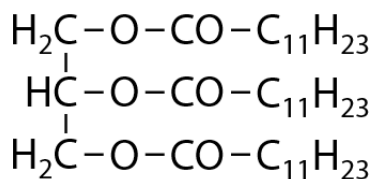


Этиловый эфир
масляной кислоты

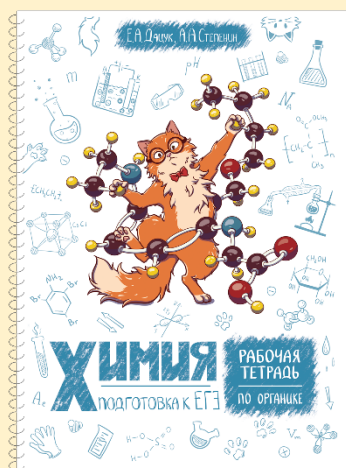
Для формирования названия жира первоначально необходимо указать количество кислотных фрагментов приставкой **моно-, ди-, три-**, далее взять корень из тривиального названия соответствующей кислоты и добавить окончание «**ин**»:



Тримирин



Трилаурин



Еще больше информации и письменных заданий в нашей бумажной рабочей тетради.

Это полный курс органической химии для 10 класса и подготовки к ЕГЭ на 176 цветных страницах с картонной обложкой на пружине.

Подробнее о ней на сайте:

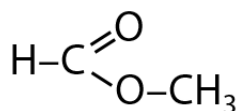
stepenin.ru/tasks/organic-book/book



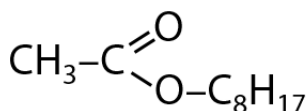
Классификация

Сложные эфиры

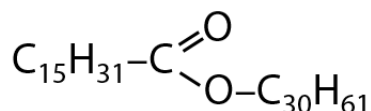
1. По агрегатному состоянию: газообразных сложных эфиров не встречается, первый представитель сложных эфиров – метилметаноат – имеет температуру кипения 32°C



Метилметаноат
(легкокипящая жидкость)



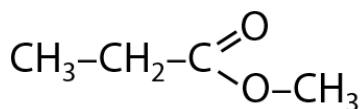
Октилэтанол
(жидкость, запах апельсинов)



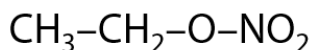
Триаконтигександеканоат,
мирициловый эфир пальмитиновой кислоты
(твердое белое вещество)



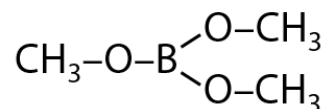
2. **По природе кислоты:** могут использовать органические или неорганические (азотная HNO_3 , фосфорная H_3PO_4 , борная H_3BO_3) кислоты в реакции со спиртами для образования сложных эфиров



Метилпропаноат
(метилвый эфир пропионовой кислоты)

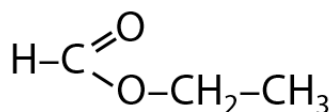


Этилнитрат
(этиловый эфир азотной кислоты)

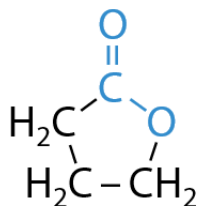


Триметилборат
(метилвый эфир борной кислоты)

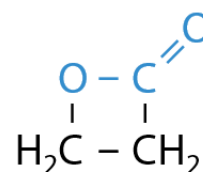
3. **По наличию циклических фрагментов:** сложные эфиры могут быть линейными и циклическими. Циклические сложные имеют название «**лактоны**».



Этилметаноат
(этиловый эфир муравьиной кислоты)

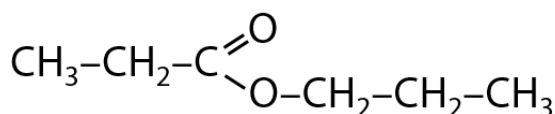


γ-бутиролактон
(циклический сложный эфир)

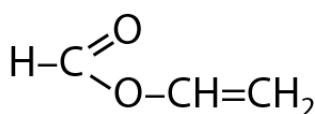


β-пропиолактон
(циклический сложный эфир)

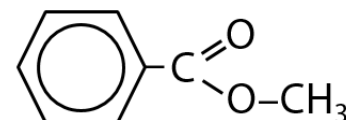
4. **По наличию кратных связей:** встречаются предельные, непредельные и ароматические сложные эфиры



Пропилпропаноат



Винилметаноат



Метилбензоат

Жиры

Классифицируются по агрегатному состоянию:

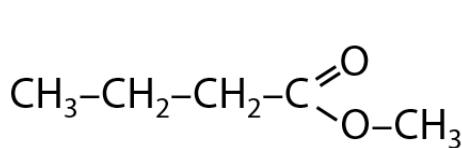
Подкласс жиров	Происхождение	Состав
Твердые	Животное	Глицерин + предельные высшие кислоты
Жидкие	Растительное	Глицерин + непредельные высшие кислоты

Важные исключения: **рыбий жир** имеет животное происхождение, но он жидкий, а **пальмовое масло**, наоборот, твердое, хоть и имеет растительное происхождение.

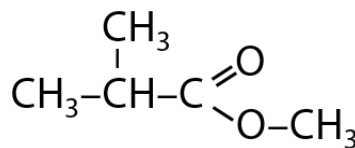


Изомерия

1. Строения углеродного скелета:

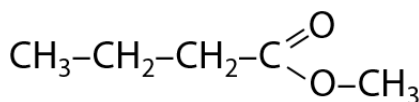


Метилбутаноат

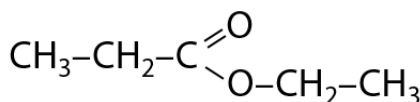


Метил-2-метилпропаноат

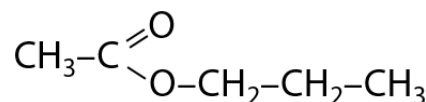
2. Положения функциональной группы:



Метилбутаноат

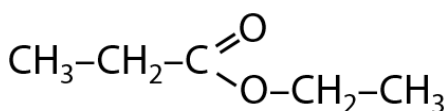


Этилпропаноат

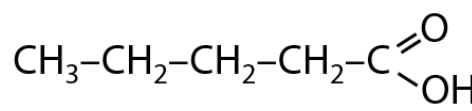
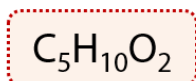


Пропилэтанат

3. Межклассовая изомерия: сложные эфиры изомерны карбоновым кислотам



Этилпропаноат



Пентановая кислота

Получение

1. **Этерификация.** Взаимодействие кислоты и спирта – таким образом можно получать и сложные эфиры, и жиры. При использовании одноосновной кислоты и одноатомного спирта можно получить сложные эфиры:



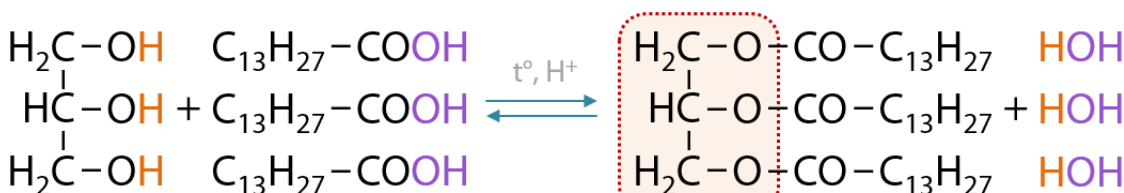
Этилэтанат
(этиловый эфир уксусной кислоты)



Азотная кислота
(HNO_3)

Этилнитрат
(этиловый эфир азотной кислоты)

При использовании одноосновной кислоты и трехатомного спирта можно получить жиры:



Глицерин

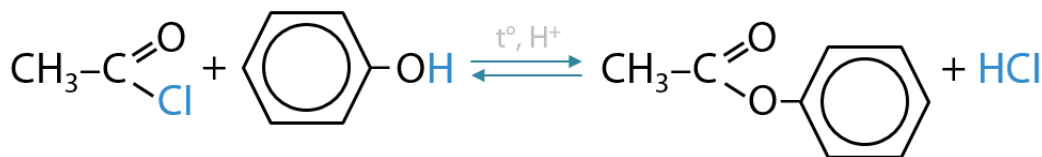
Тетрадекановая кислота
(миристиновая кислота)

Тримиристат глицерина
(тримиристин)

Этерификация – обратимый и каталитический процесс, в качестве катализаторов обычно используют неорганические кислоты $\text{HCl}/\text{H}_2\text{SO}_4$.



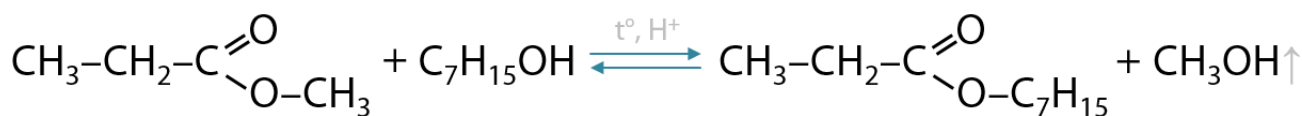
Исключение: фенолы нельзя использовать в роли спирта для проведения реакции этерификации. Чтобы образовать эфир на основе фенола, необходимо вместо кислоты взять ее галогенангидрид:



Ацетилхлорид
(хлорангидрид уксусной кислоты)

Фенилэтанойл
(фениловый эфир уксусной кислоты)

2. **Переэтерификация.** В молекуле сложного эфира возможно замещение одного спиртового остатка на другой. В результате реакции образуется новый сложный эфир:



Гептилпропанойл
(гептиловый эфир пропановой кислоты)

Реакция является обратимой, катализируется кислотами HCl/H₂SO₄. Для смещения равновесия в сторону продуктов необходимо использовать для реакции большой избыток спирта или удалять один из продуктов реакции, например, нагреванием и его испарением.

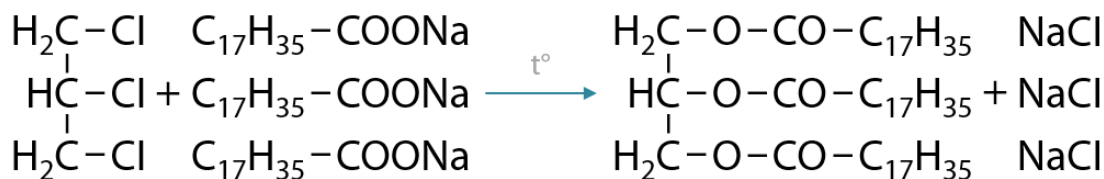
3. **Взаимодействие солей карбоновых кислот и галогеналканов.** В результате реакции образуется сложный эфир – кислотный фрагмент из соответствующей соли, а спиртовой фрагмент из галогеналкана. Побочный продукт реакции – галогенид металла, входящего в состав соли карбоновой кислоты:



Бензоат калия
(калиевая соль бензойной кислоты)

Пропилбензоат
(пропиловый эфир бензойной кислоты)

Жиры можно получать по аналогичной реакции, используя тригалогеналкан, у которого атомы галогенов стоят при соседних атомах углерода:



Стеарат натрия

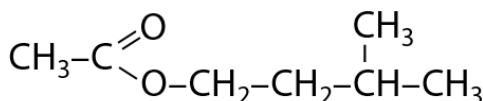
Тристеарат глицерина
(тристеарин)



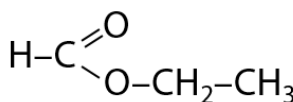
Физические свойства

Сложные эфиры

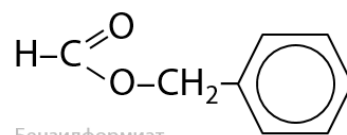
Газообразных сложных эфиров не встречается. Большинство сложных эфиров – бесцветные жидкости, с фруктовыми, ягодными или цветочными запахами. Например, изоамилацетат имеет сладкий грушевый запах, этилформиат – дубовый запах, а бензилформиат – жасминово-смородиновый запах.



Изоамилацетат
(3-метилпропиловый эфир уксусной кислоты)

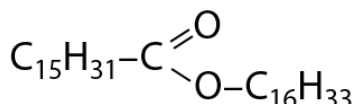


Этилформиат
(этиловый эфир муравьиной кислоты)

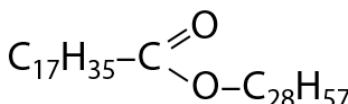


Бензилформиат
(бензиловый эфир муравьиной кислоты)

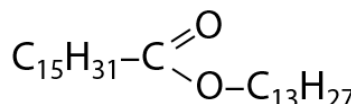
Сложные эфиры с относительно небольшими молекулярными массами – легко воспламеняющиеся жидкости, а сложные эфиры высших карбоновых кислот и спиртов – твердые вещества, их называют **«воски»**. И жидкие, и твердые эфиры плохо растворяются в воде, но отлично в органических веществах.



Цетиловый эфир пальмитиновой кислоты
(кашалотовый воск)



Октакозилгептадеканоат
(карнаубский воск)



Миристиловый эфир пальмитиновой кислоты
(пчелиный воск)

У сложных эфиров нет сильно полярных связей с атомами водорода, как например в гидроксильной –ОН или карбоксильной группе –COOH, а значит и водородных связей внутри и между молекулами не образуется. По этой причине температуры кипения сложных эфиров в общем случае ниже, чем у карбоновых кислот или спиртов.

Жиры

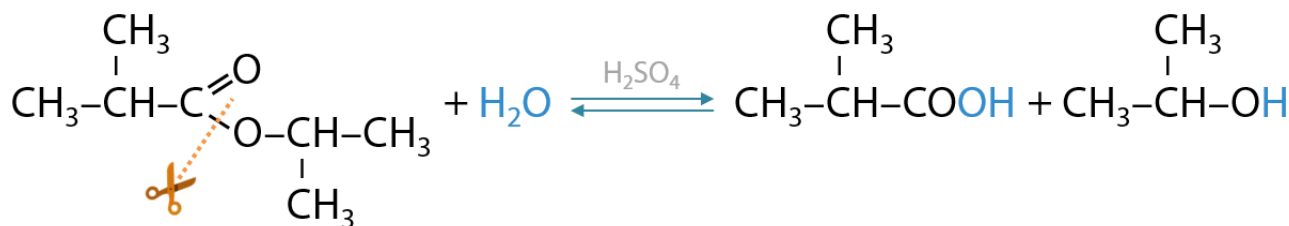
Жиры представляют собой либо маслянистые бесцветные или желтоватые жидкости (непредельные), либо твердые белые воскообразные вещества (предельные). Плохо растворяются в воде, имеют плотность меньше, чем у воды (меньше 1 г/мл).

Агрегатное состояние жиров зависит от насыщенности углеводородного радикала остатка карбоновых кислот в составе. Чем больше кратных связей в строении жира, тем меньше температуры кипения и плавления.

Чаще всего масла, воски и различные жиры, которые используются в быту – смеси нескольких веществ. Поэтому у них нет определенной температуры кипения или плавления, переход между агрегатными состояниями всегда осуществляется в некотором диапазоне температур.

Химические свойства

1. **Гидролиз.** Сложные эфиры и жиры подвергаются взаимодействию с молекулами воды в присутствии кислот-катализаторов $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{HCl}$. В результате образуются карбоновая кислота и спирт, использовавшиеся при синтезе гидролизующегося эфира:



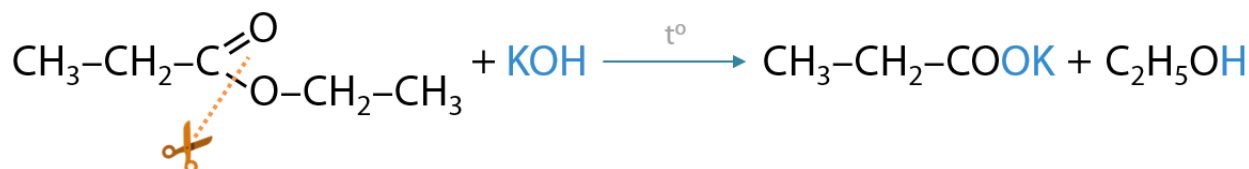
Изопропил-2-метилпропаноат
(изопропиловый эфир изомасляной кислоты)



Тристеарат глицерина
(тристеарин)

Стеариновая кислота

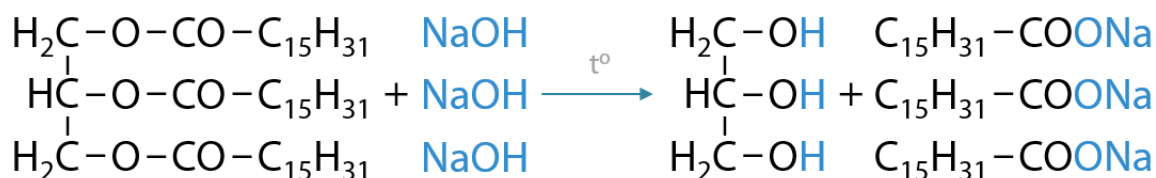
Гидролиз может проводиться и с применением щелочи NaOH/KOH, необратимая реакция. В щелочных условиях карбоновая кислота образоваться не может, вместо нее будет получаться соль:



Этилпропаноат
(этиловый эфир пропионовой кислоты)

Важно Заметьте, что спирт не взаимодействует с щелочью в данных условиях!

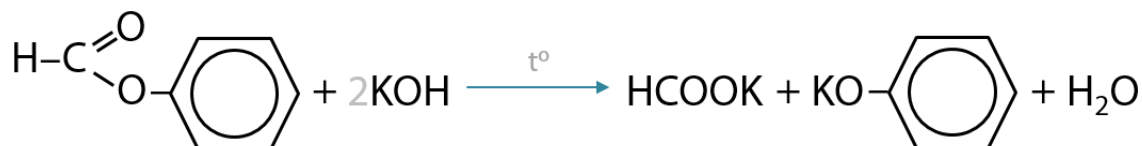
Щелочной гидролиз жиров называется **«омыление»**, т.к. образуются соли высших карбоновых кислот, которые используются для производства мыла:



Трипальмитат глицерина
(трипальмитин)

Пальмитат натрия
(компонент твердого мыла)

Исключение: эфиры фенола в результате гидролиза образуют фенол, который обладает сильными кислотными свойствами, а значит в щелочных условиях получают феноляты и соли карбоновых кислот одновременно. Реакция необратима.



Фенилметаноат
(фениловый эфир муравьиной кислоты)

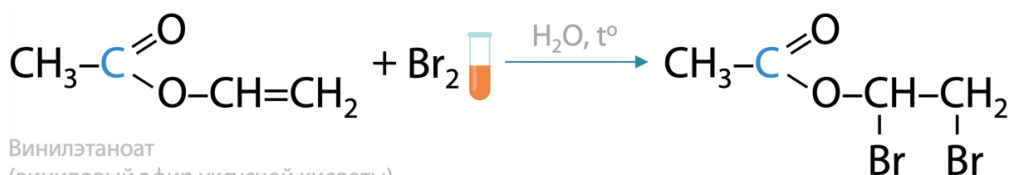
- Восстановление.** При взаимодействии сложных эфиров и жиров с водородом H_2 на металлических или оксидных катализаторах сложноэфирная группа восстанавливается с разрывом только C-O связей. В результате реакции образуются два спирта:



Метилэтанойт
(метилый эфир укусной кислоты)

Важно Заметьте, что атом углерода сложной эфирной группы также входит в состав одного из спиртов.

3. **Присоединение по кратным связям** (свойства аналогичные алкенам). Если в составе сложных эфиров или жиров есть фрагменты непредельных карбоновых кислот или спиртов, то такие вещества могут присоединять по кратным связям молекулы водорода H_2 или галогенов Cl_2 , Br_2 :



Винилэтанойт
(винилый эфир укусной кислоты)

Обесцвечивание бромной воды является качественной реакцией на кратные связи.



Свыше 600 бесплатных заданий и органических цепочек есть на нашем сайте.
Быстрее туда, решать!

stepenin.ru/tasks/organic