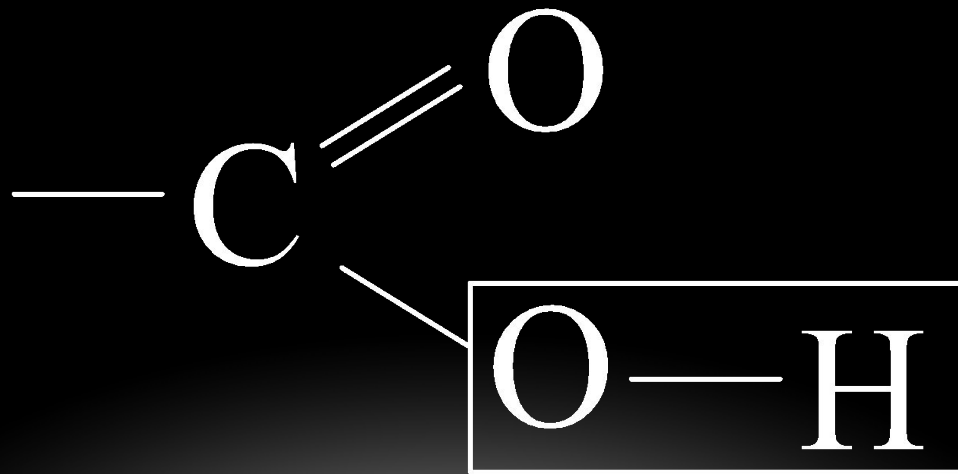


# ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

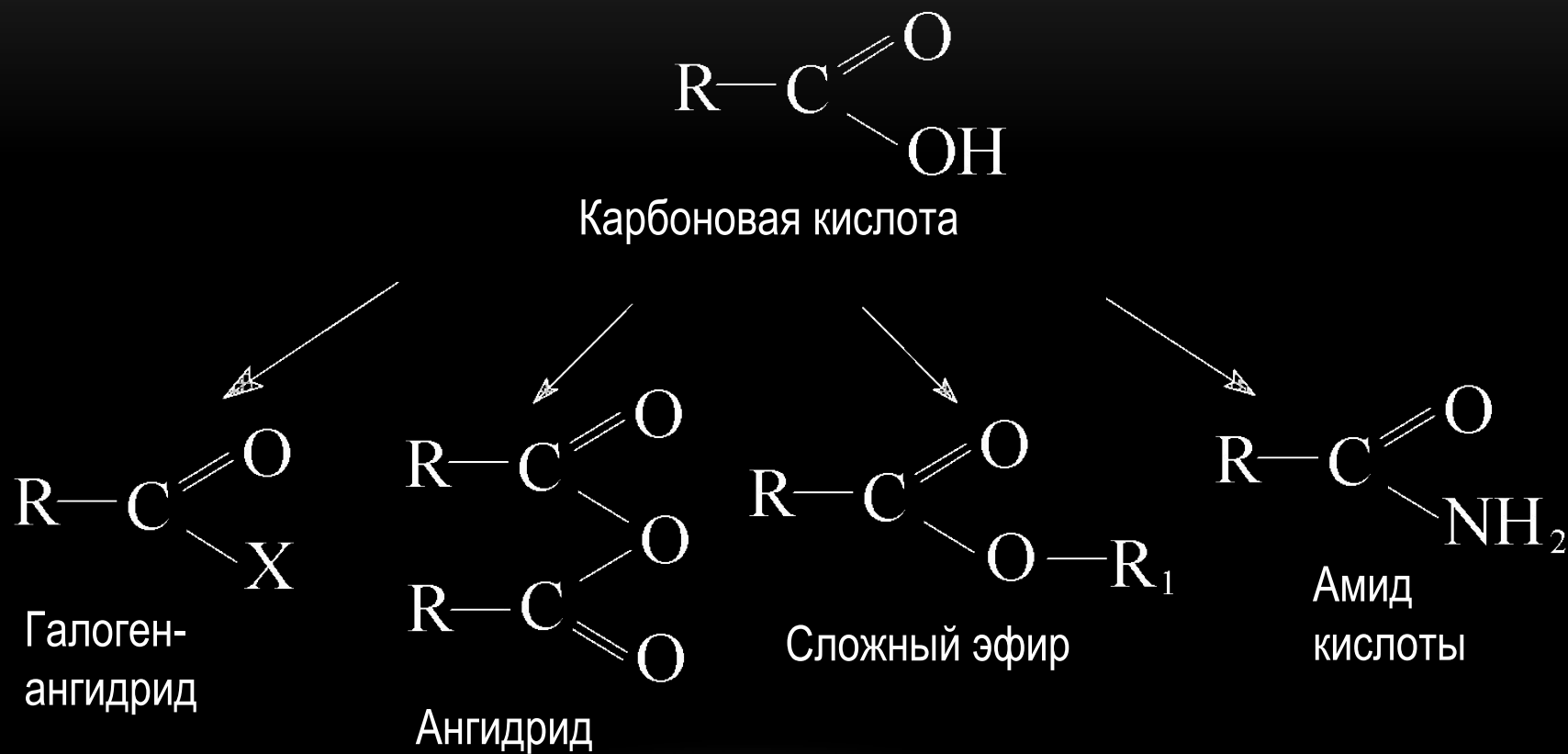
---

# КЛАССИФИКАЦИЯ

При замене гидроксила в карбоксильной группе карбоновой кислоты на другие функциональные группы

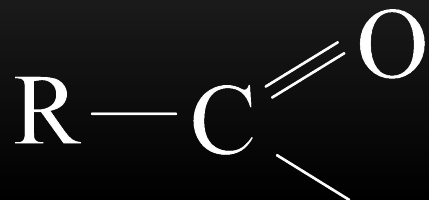


образуются разнообразные функциональные производные карбоновых кислот.



К производным кислот относят и их соли.

Одновалентный кислотный остаток, образовавшийся после удаления гидроксильной группы, называют кислотным радикалом или ацилом:



Названия некоторых ацильных остатков:

$\text{H}-\text{C}\begin{array}{l} \text{=} \text{O} \\ \diagdown \end{array}$	формил	$\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_2-\text{C}\begin{array}{l} \text{=} \text{O} \\ \diagdown \end{array}$	бутирил
$\text{H}_3\text{C}-\text{C}\begin{array}{l} \text{=} \text{O} \\ \diagdown \end{array}$	ацетил	$\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_3-\text{C}\begin{array}{l} \text{=} \text{O} \\ \diagdown \end{array}$	валерил
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}\begin{array}{l} \text{=} \text{O} \\ \diagdown \end{array}$	пропионил	$\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_{16}-\text{C}\begin{array}{l} \text{=} \text{O} \\ \diagdown \end{array}$	стеарил

# АНГИДРИДЫ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

# ПОЛУЧЕНИЕ

- Из карбоновых кислот при их термической ангидридации или при взаимодействии с сильными водоотнимающими реагентами ( $P_2O_5$ , ангидрид трифторуксусной кислоты, карбодиимиды). При нагревании легче всего образуются циклические ангидриды дикарбоновых кислот (см. химические свойства карбоновых кислот).
- При взаимодействии ацилхлоридов с карбоновыми кислотами или их солями (см. свойства карбоновых кислот).

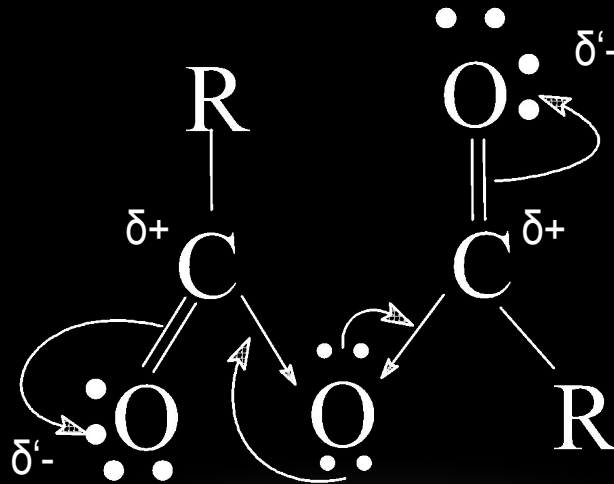
Первый представитель гомологического ряда – ангидрид муравьиной кислоты – нестабилен.

## ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Ангидриды карбоновых кислот являются бесцветными жидкостями или кристаллическими веществами. Первые представители гомологического ряда имеют острый раздражающий запах. В воде растворяются мало и с ней постепенно взаимодействуют.

# ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Связи в молекулах ангидридов карбоновых кислот сильно поляризованы. По сравнению с карбоновыми кислотами ангидриды имеют более электрофильный характер, так как в этом случае на один атом кислорода приходится две ацильные группы.





- Реакции ацелирования
- Взаимодействие со спиртами (алкоголиз)



Метиловый спирт

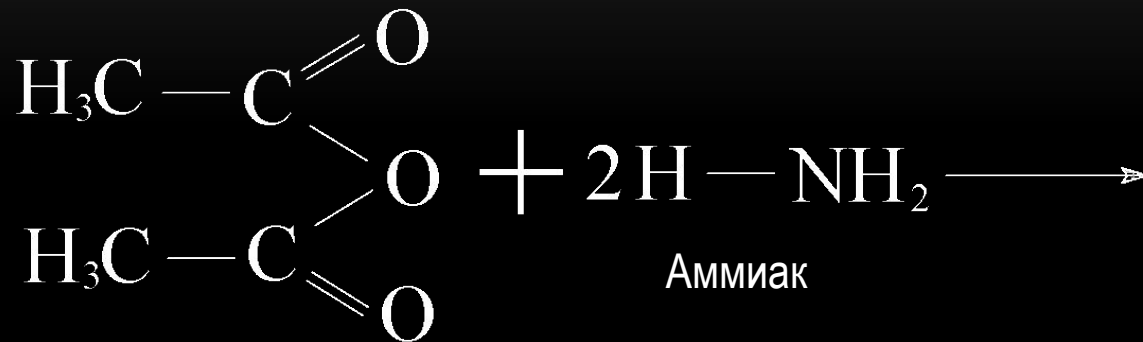
Уксусный ангидрид



Метилацетат

Уксусная кислота

○ Взаимодействие с аммиаком (аммонолиз)



Аммиак

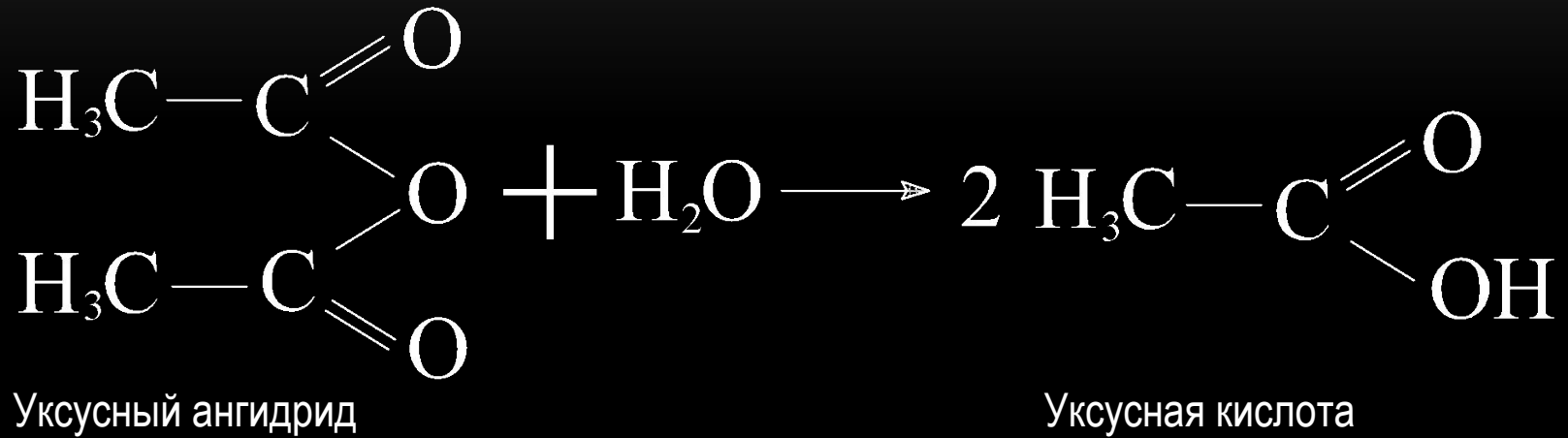
Уксусный ангидрид



Ацетат аммония

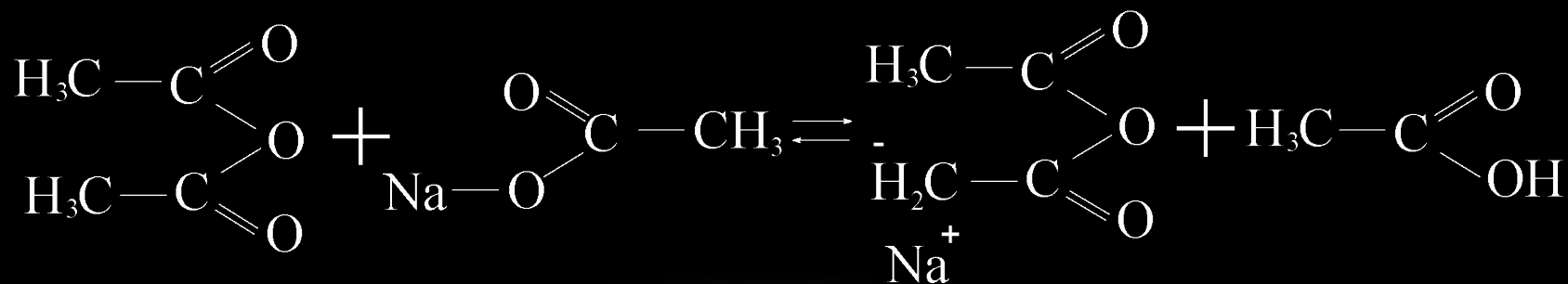
Ацетамид

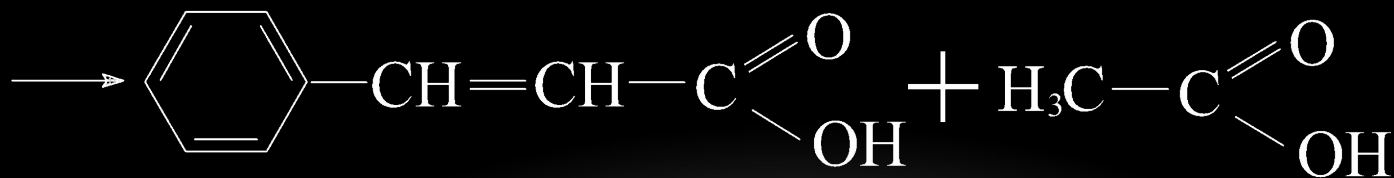
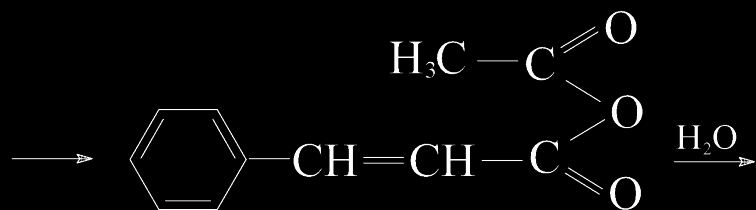
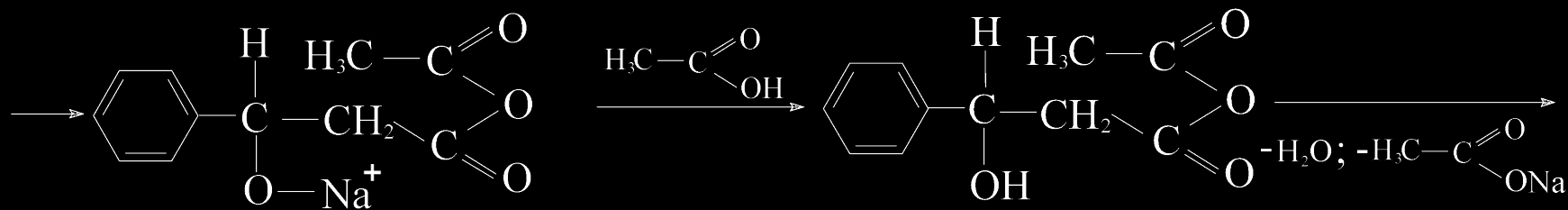
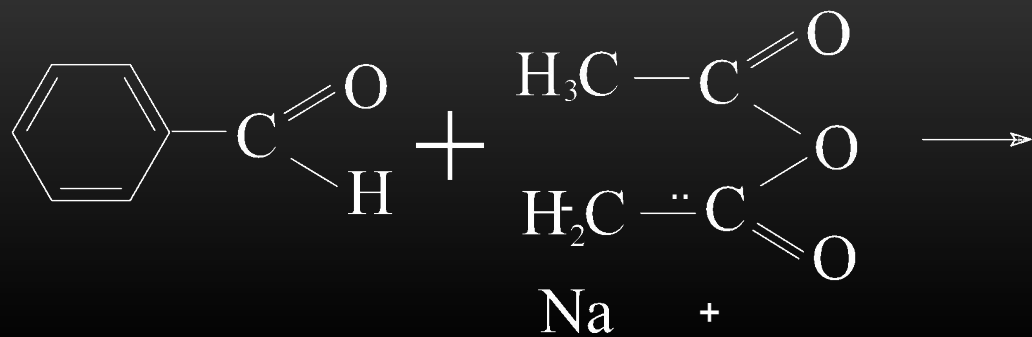
- Взаимодействие с водой (гидролиз)



- Реакции α-водородного атома

В присутствии оснований (соли карбоновых кислот, третичные амины) ангидриды карбоновых кислот, имеющих связь С–Н в α-положении, конденсируются с аренкарбальдегидами, образуя ненасыщенные аренкарбоновые кислоты.



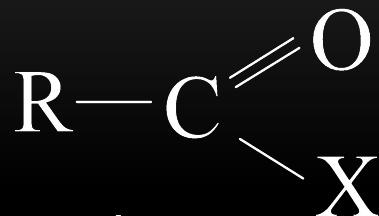


# ПРИМЕНЕНИЕ

- В качестве ацилирующих агентов (получение ацетилцеллюлозы, лекарственных средств) (уксусный ангидрид)
- Для получения полимеров (сополимеры со спиртами, полиэфирные смолы), синтез гербицидов (малеиновый)
- Для получения термостойких полимеров (тримеллитовый и пиромеллитовый)

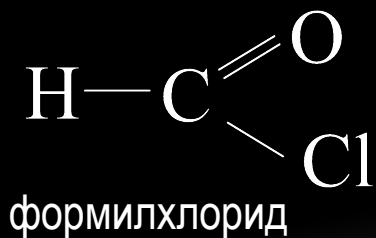
# ГАЛОГЕНАНГИДРИДЫ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

# Общая формула галогенангидридов карбоновых КИСЛОТ



где X – фтор, хлор, бром, иод.

Названия их строятся по принципу галогеналкилов:  
называется ацил и атом галогена, например:





## ПОЛУЧЕНИЕ

Галогенангидриды карбоновых кислот образуются при действии галогенидов фосфора ( $\text{PCl}_3$ ,  $\text{PCl}_5$ ) и тионилхлорида ( $\text{SOCl}_2$ ) на кислоты и их ангидриды (см. химические свойства карбоновых кислот)

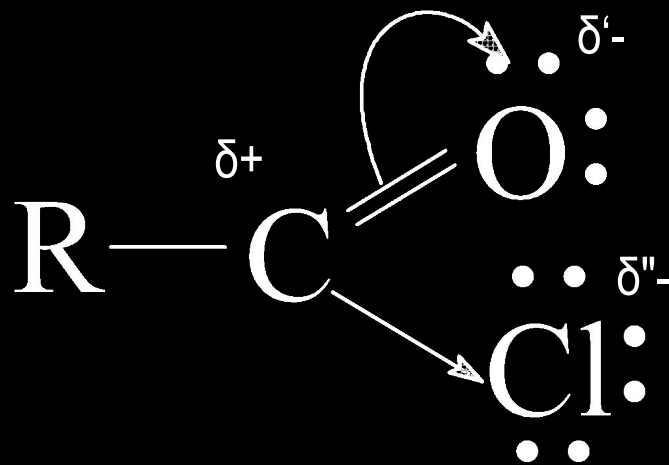
## ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Галогенангидриды карбоновых кислот (ацилгалогениды) представляют собой бесцветные жидкости или кристаллические вещества с острым запахом, легколетучи – на воздухе «дымят». Простейшие ацилфториды газообразны.

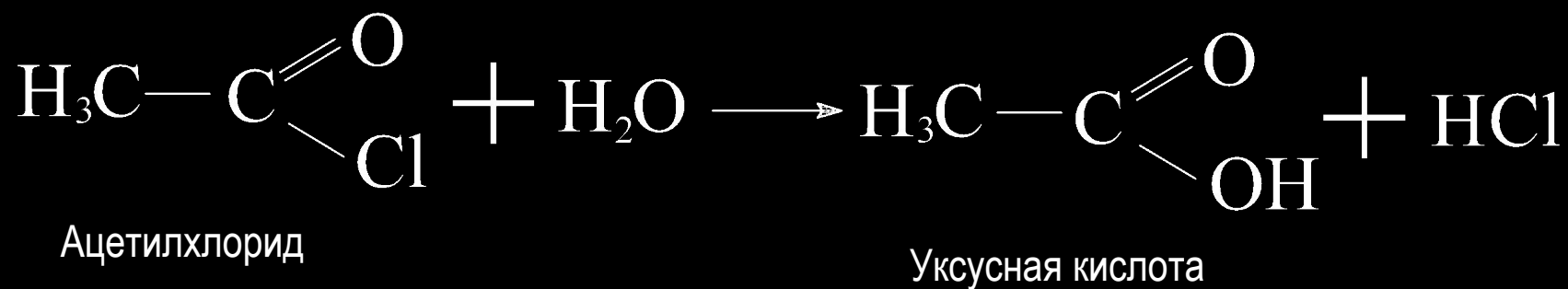
В воде галогенангидриды растворяются мало, но быстро реагируют с ней.

# ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Для ацилгалогенидов характерна большая полярность связей, что вызвано электроотрицательным действием атома галогена.



- Реакции ацилирования
- Взаимодействие с водой (гидролиз)

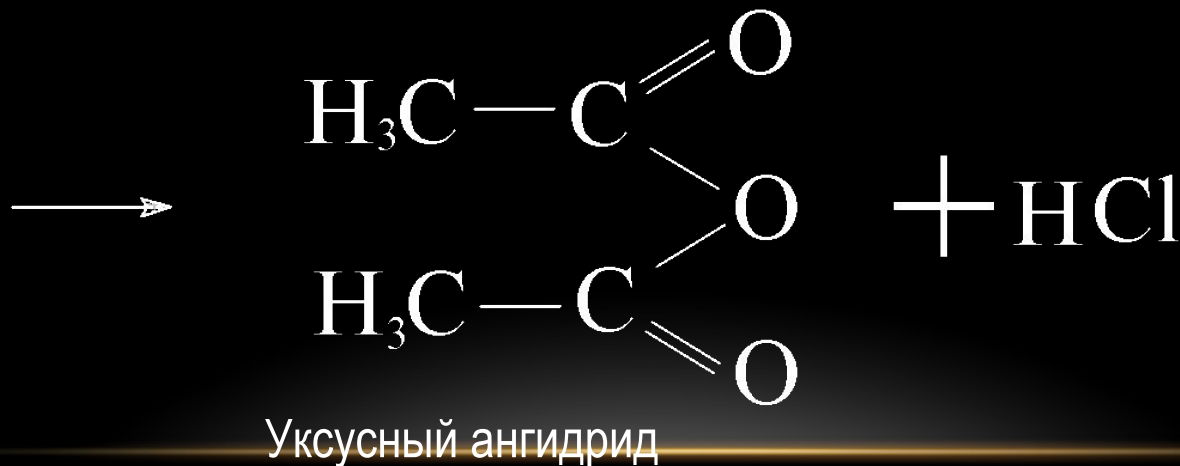
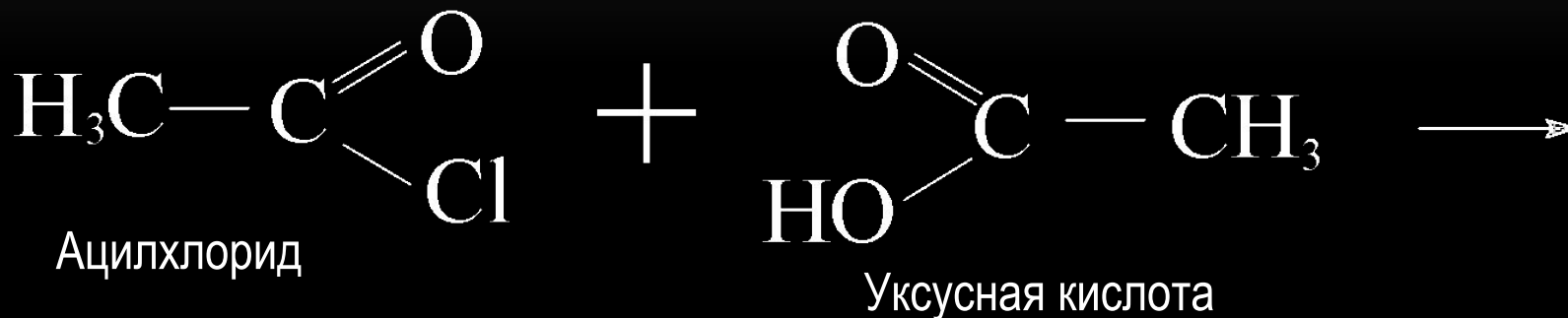


- Взаимодействие со спиртами (алкоголиз)

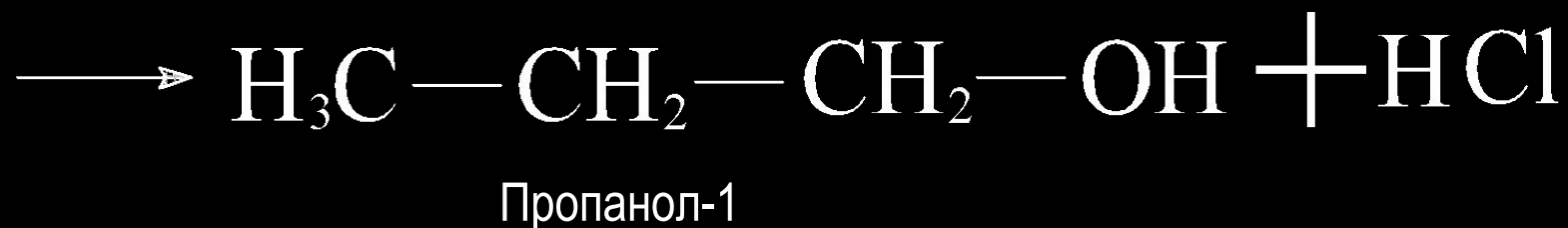
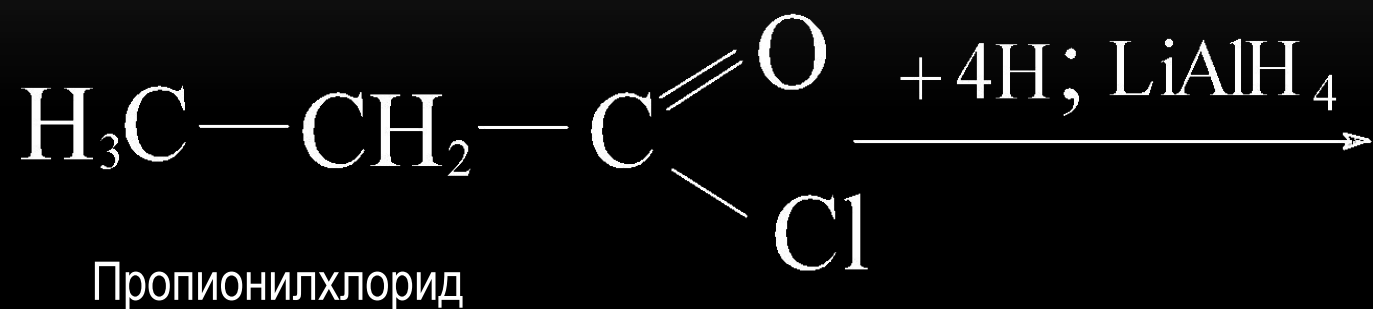




- Взаимодействие с карбоновыми кислотами (ацидолиз)



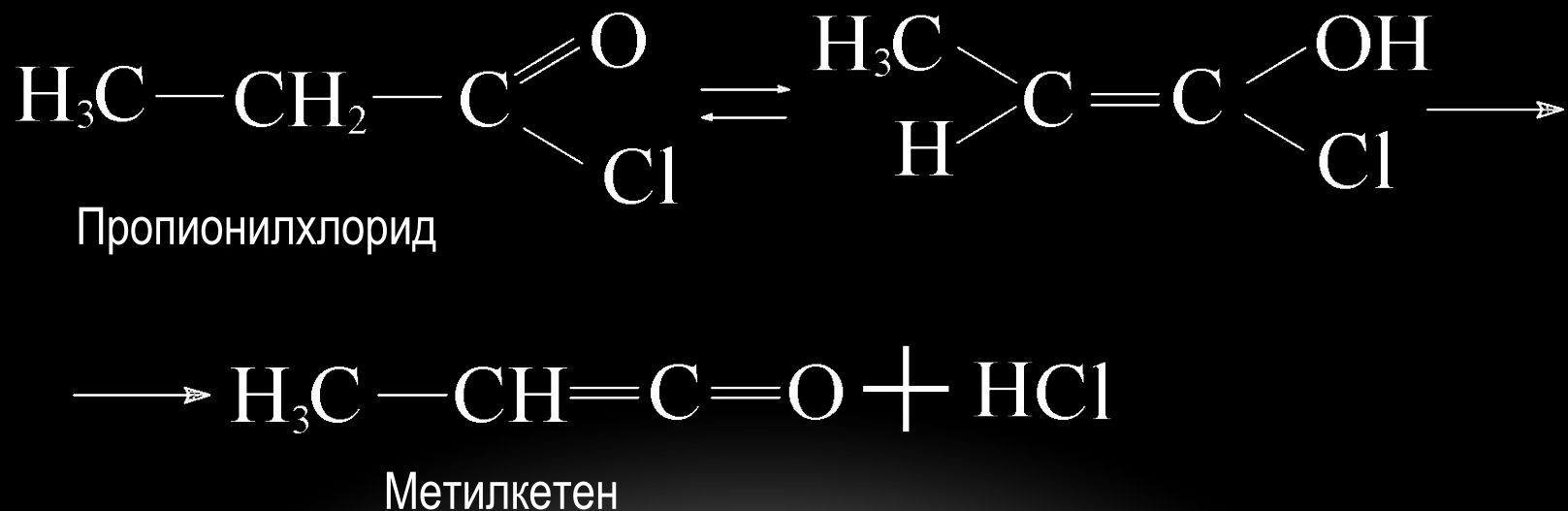
- Реакции восстановления





- Реакции  $\alpha$ -водородного атома

Если в ацилгалогенидах имеется  $\alpha$ -водородный атом, возможны реакции енолизации и отщепления галогеноводорода. Это вызвано повышенной полярностью связи C–H.



# ПРИМЕНЕНИЕ

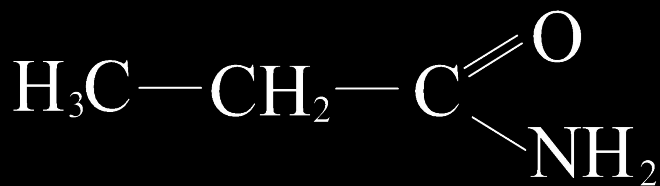
Ацилгалогениды применяются в основном для органического синтеза.

# АМИДЫ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

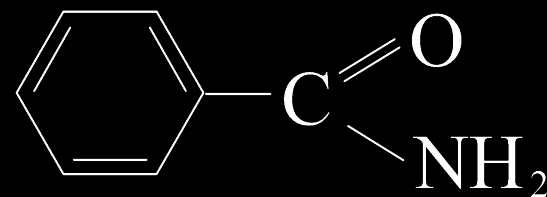
---

Амидами карбоновых кислот называют продукты замещения гидроксильной группы в карбоксиле на группу  $\text{NH}_2$ .

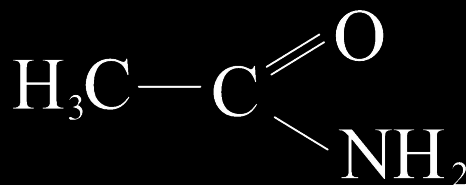
Названия амидов строятся из двух частей: слова «амид» и названия кислоты или ацила.



Амид пропионовой кислоты  
пропиониламид



Амид бензойной кислоты  
бензамид

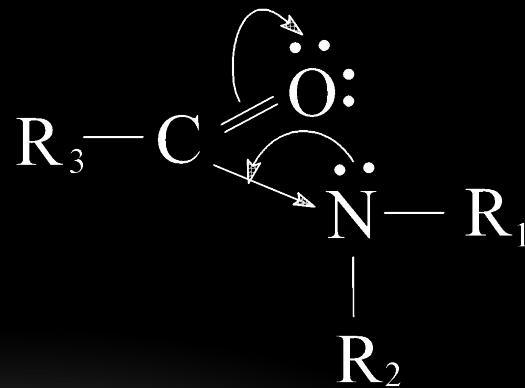


Амид уксусной кислоты  
ацетамид

## СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ

- Действие аммиака на хлорангидриды карбоновых кислот. (см. химические свойства галогенангидридов карбоновых кислот).
- Сухая перегонка аммониевых солей карбоновых кислот. (см. химические свойства карбоновых кислот)

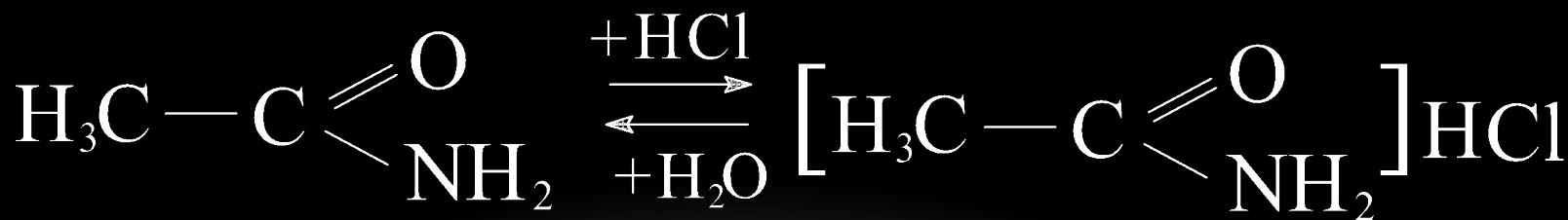
**ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА** Амиды представляют собой твердые вещества, за исключением формамида, являющегося жидкостью; ограниченно растворимы в воде, растворимость уменьшается с увеличением молекулярной массы. Растворы имеют нейтральную реакцию.



## ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

- Образование солей

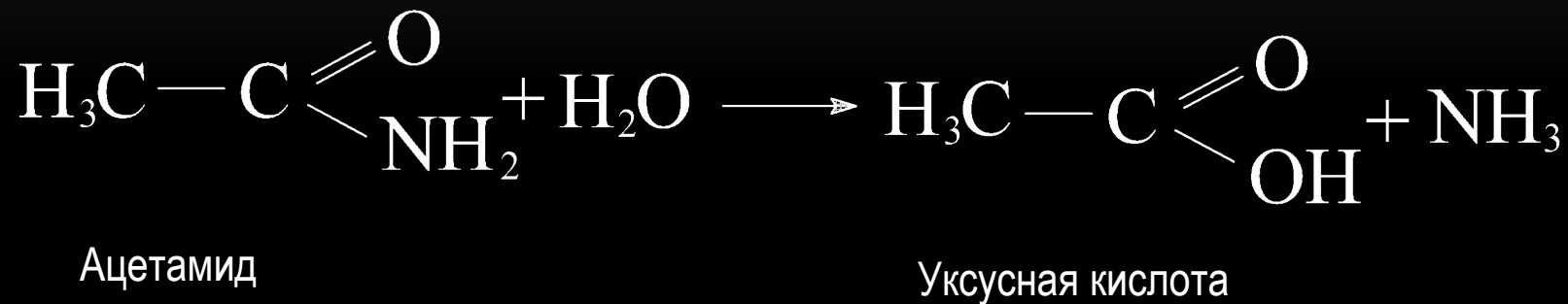
Амиды почти не обладают основными свойствами. Они образуют соли только с сильными кислотами, которые легко разлагаются водой.



Ацетамид

Хлороводородный ацетамид

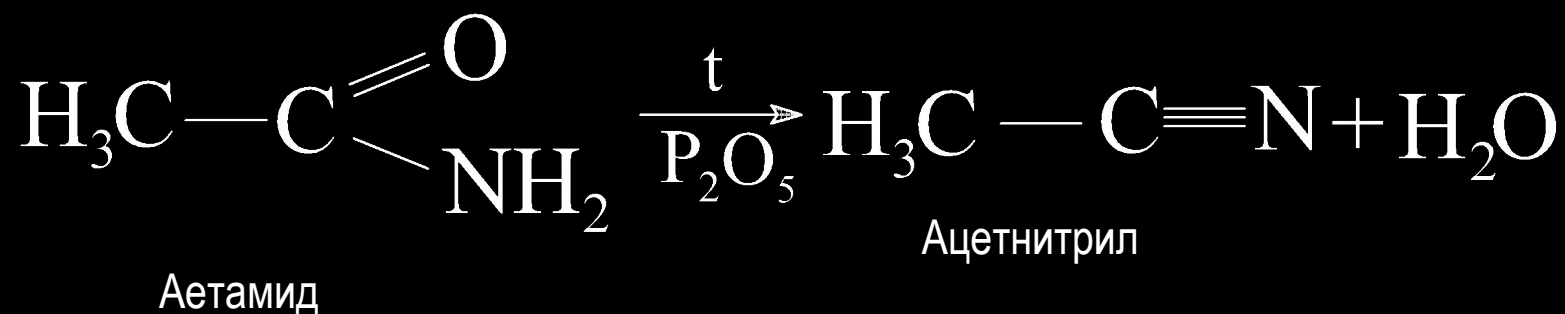
- Взаимодействие с водой (гидролиз)



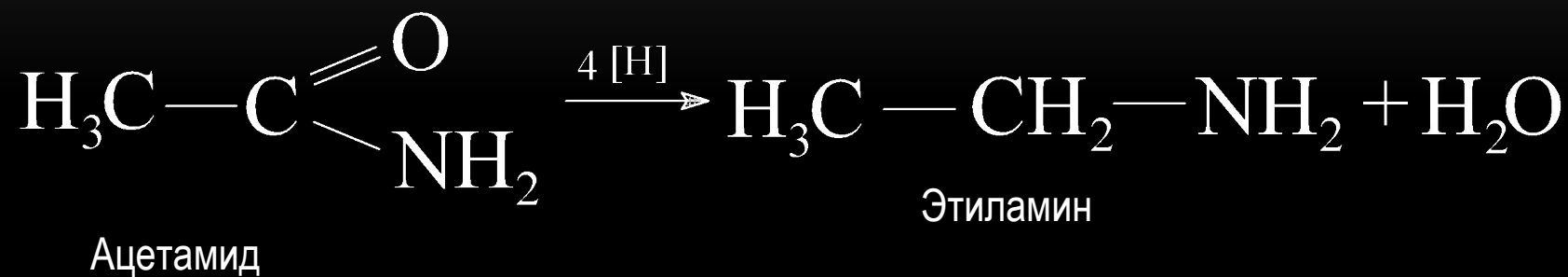


- Дегидратация.

При нагревании амидов кислот с водоотнимающими веществами образуются соответствующие нитрилы.

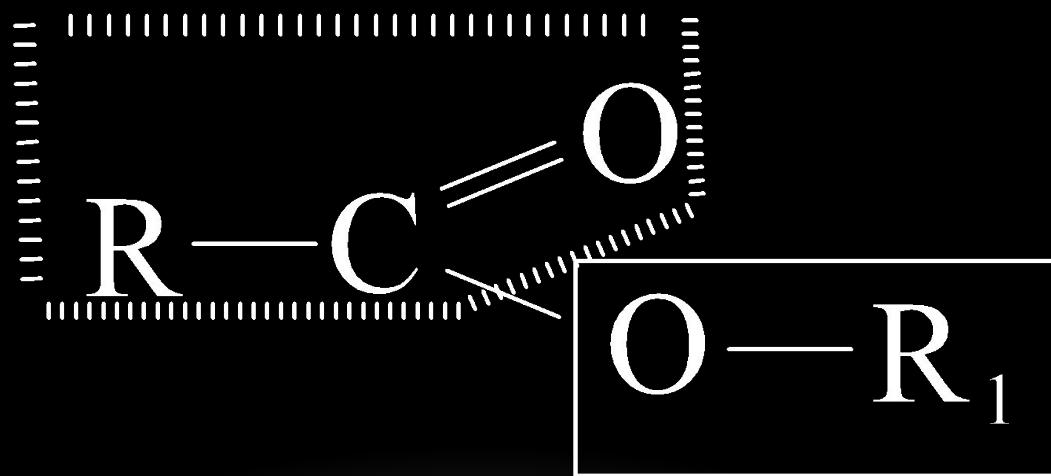


- Восстановление.



# СЛОЖНЫЕ ЭФИРЫ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

Сложные эфиры можно представить как производные карбоновых кислот, в которых ацильная группа связана с алкоксильной группой.



# НОМЕНКЛАТУРА

По рациональной номенклатуре наименование эфира строится из двух частей: названия кислоты и спиртового радикала.

По IUPAC для наименования сложных эфиров к названию кислоты (заменив «овая» на «оат») прибавляют название спиртового радикала.

$\text{H}-\text{C} \begin{array}{l} \text{//} \text{O} \\ \backslash \text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$	Этиловый эфир муравьиной кислоты	Этилформат	Этилметаноат
$\text{H}_3\text{C}-\text{C} \begin{array}{l} \text{//} \text{O} \\ \backslash \text{O}-\text{CH}_3 \end{array}$	Метилвый эфир уксусной кислоты	Метилацетат	Метилэтанат
$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{C}-\text{C} \begin{array}{l} \text{//} \text{O} \\ \backslash \text{O}-\text{CH}_3 \end{array} \\   \\ \text{Br} \end{array}$	Метилый эфир 2- бром-3- бутеновой кислоты		Метил-2- бромбутен-3- оат

# ИЗОМЕРИЯ.

Изомерия сложных эфиров определяется изомерией кислотных и спиртовых остатков.

## НАХОЖДЕНИЕ В ПРИРОДЕ.

Сложные эфиры широко представлены в природе, но обычно в небольших количествах. Они участвуют в разнообразных процессах, протекающих в живом организме, являются ароматообразующими компонентами ряда растений. В значительных количествах в природе представлены только сложные эфиры высокомолекулярных (чаще многоатомных) спиртов и кислот.



# СИНТЕТИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ.

- Реакция этерификации. (см. химические свойства карбоновых кислот или спиртов)

Значительно легче и несравнимо быстрее происходит образование внутримолекулярного сложного эфира (лактона) из молекул  $\gamma$ - или  $\delta$ -окси кислот.



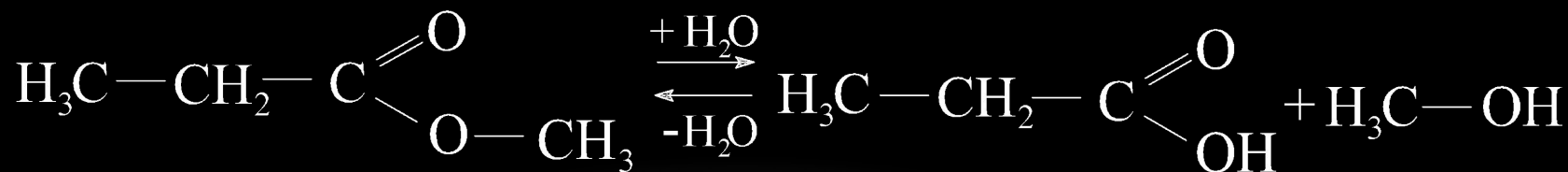
- Взаимодействие хлорангидридов или ангидридов карбоновых кислот со спиртами или фенолами. (см. химические свойства ацилгалогенидов или ангидридов)

## ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА.

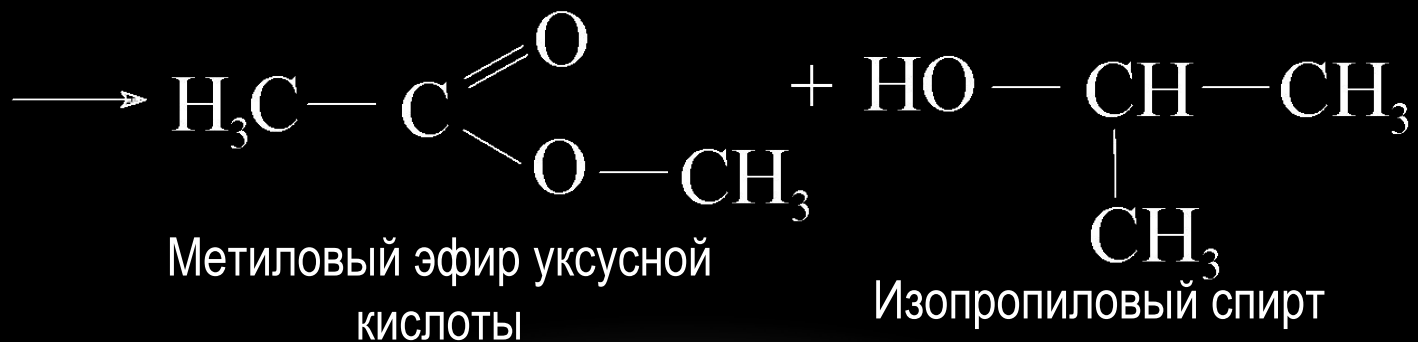
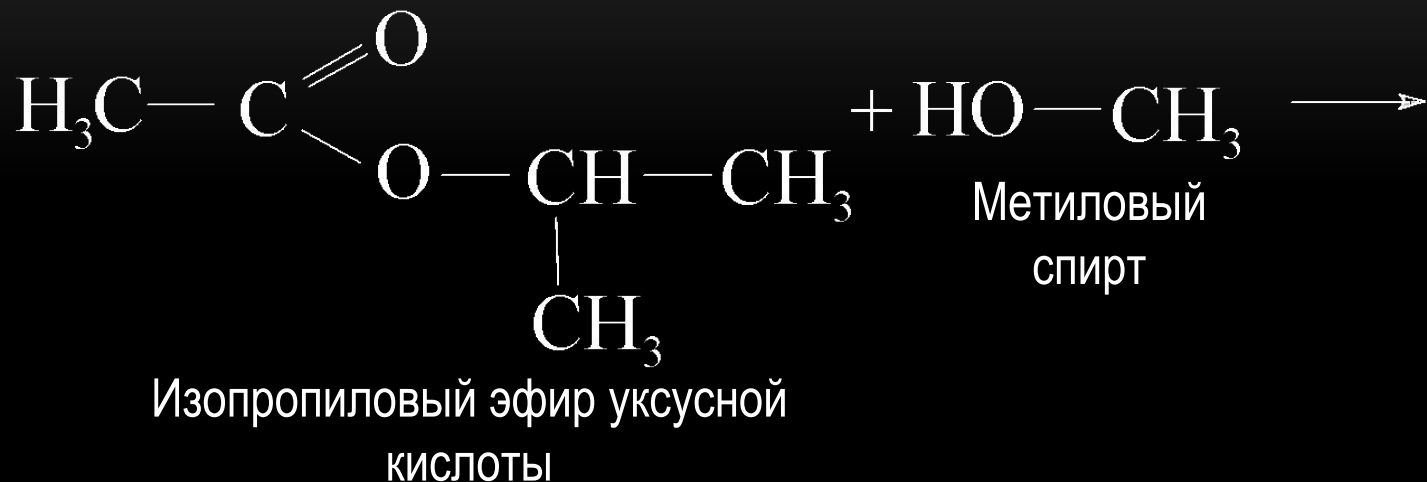
Сложные эфиры низкомолекулярных и среднемолекулярных кислот и спиртов – жидкости с приятным фруктовым запахом, высокомолекулярных – твердые вещества без запаха. Плохо (низшие гомологи) или совсем не растворимые в воде, хорошо растворимы во многих органических растворителях.

# ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

- Сложные эфиры вступают во все реакции нуклеофильного замещения, описанные ранее для ангидридов и галогенангидридов кислот, проявляя при этом меньшую активность.
- Гидролиз.



## ○ Переэтерификация



- Восстановление сложных эфиров.



# ОТДЕЛЬНЫЕ ПРЕДСТАВИТЕЛИ

- Искусственные фруктовые эссенции

$\begin{array}{c} \text{H}-\text{C}=\text{O} \\ \quad \quad \quad \backslash \\ \quad \quad \quad \text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$	Этилформиат	ромовая
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$	Этилбутират	ананасовая
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3 \end{array}$	Изоамил-бутират	грушевая
$\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{O}-\text{R} \end{array}$	Алкилизо-валераты	яблочная
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{O}-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	Бензилацетат	жасминовая

- Природные сложные эфиры относят к липидам.

Различают:

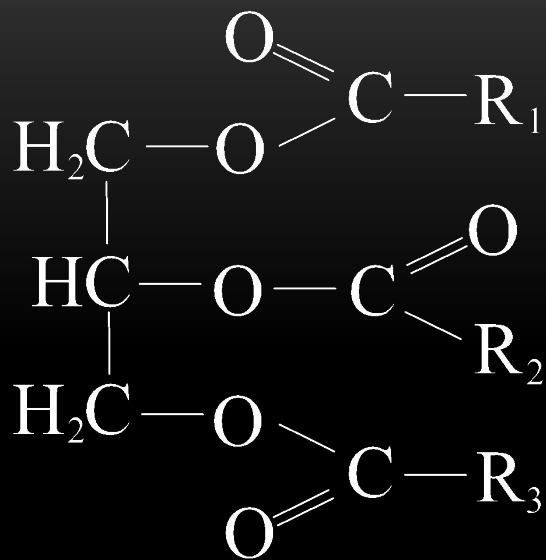
- Простые липиды – жиры, воски, стеролы и стериды.
- Сложные липиды – фосфоросодержащие соединения и производные моносахаридов: фосфолипиды, гликолипиды, сфинголипиды



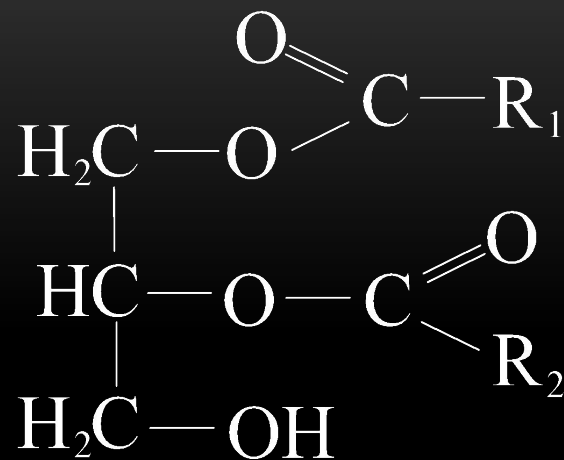
## ❖ ПРОСТЫЕ ЛИПИДЫ

- **Жиры и масла** – сложные эфиры высших жирных кислот (насыщенных и ненасыщенных) и глицерина. В состав жиров входят в основном триглицериды, но присутствуют и ди- и моноглицериды.

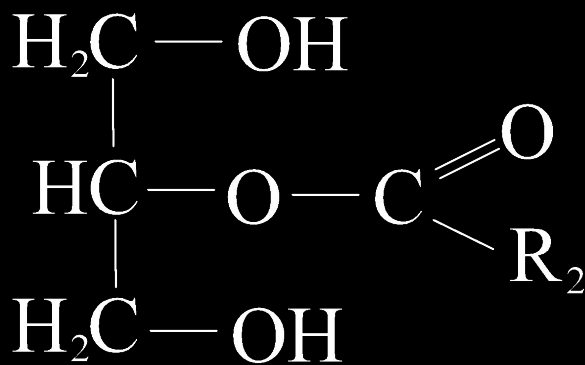
Молекулы большинства кислот имеют неразветвленную структуру и содержат четное количество атомов углерода.



Триглицерид  
триацилглицерин



1,2-диглицерид  
1,2-диацилглицерин



2-моноглицерид  
2-ацилглицерин

# Кислоты жиров

Название	Формула
Насыщенные	
Капроновая	$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_4 - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{OH} \end{array}$
Каприловая	$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_6 - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{OH} \end{array}$
Каприновая	$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_8 - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{OH} \end{array}$
Лауриновая	$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_{10} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{OH} \end{array}$
Миристиновая	$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_{12} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{OH} \end{array}$
Пальмитиновая	$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_{14} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{OH} \end{array}$
Стеариновая	$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_{16} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{OH} \end{array}$
Арахидиновая	$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_{18} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{OH} \end{array}$
Бегеновая	$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_{20} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{OH} \end{array}$
Церотиновая	$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_{24} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{OH} \end{array}$
Монтановая	$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_{26} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{OH} \end{array}$
Меллиссиновая	$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_{28} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{OH} \end{array}$

Название	Формула
Ненасыщенные	
Олеиновая	$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH}=\text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{OH} \end{array}$
Линолевая	$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH}=\text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}=\text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{OH} \end{array}$
Линоленовая	$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2 - \text{CH}=\text{CH})_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{OH} \end{array}$
Элеостеариновая	$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_3 - (\text{CH}=\text{CH})_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{OH} \end{array}$
Арахидоновая	$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_3 - (\text{CH}_2 - \text{CH}=\text{CH})_4 - (\text{CH}_2)_3 - \text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{OH} \end{array}$
Эруковая	$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH}=\text{CH} - (\text{CH}_2)_{11} - \text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{OH} \end{array}$
Оксикислоты	
Рицинолевая	$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_5 - \underset{\text{OH}}{\text{CH}} - \text{CH}_2 - \text{CH}=\text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{OH} \end{array}$

# ИЗОМЕРИЯ

Изомерия глицеридов связана с различным положением ацилов в молекуле, их различным строением, положением двойных связей: возможна также цис- и транс-изомерия.

В глицеридах имеет место оптическая изомерия.

# ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Триглицериды – жидкости или твердые вещества без цвета, вкуса и запаха, нерастворимы в воде, но хорошо растворимы в органических растворителях.

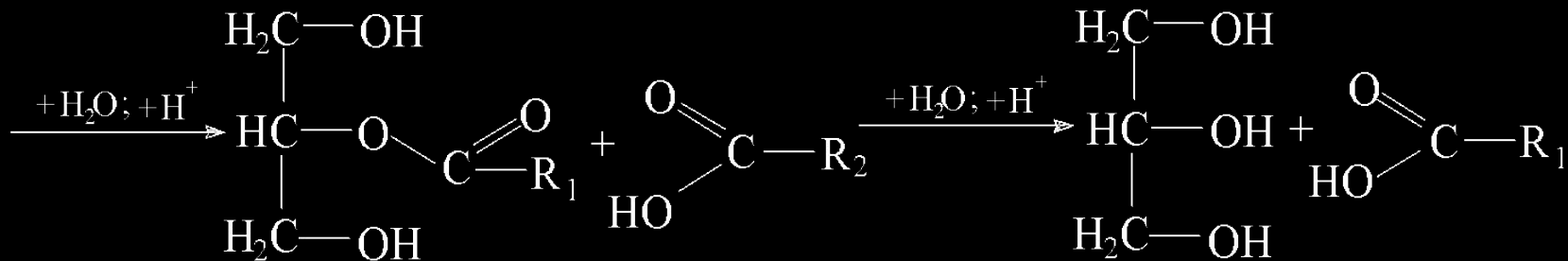
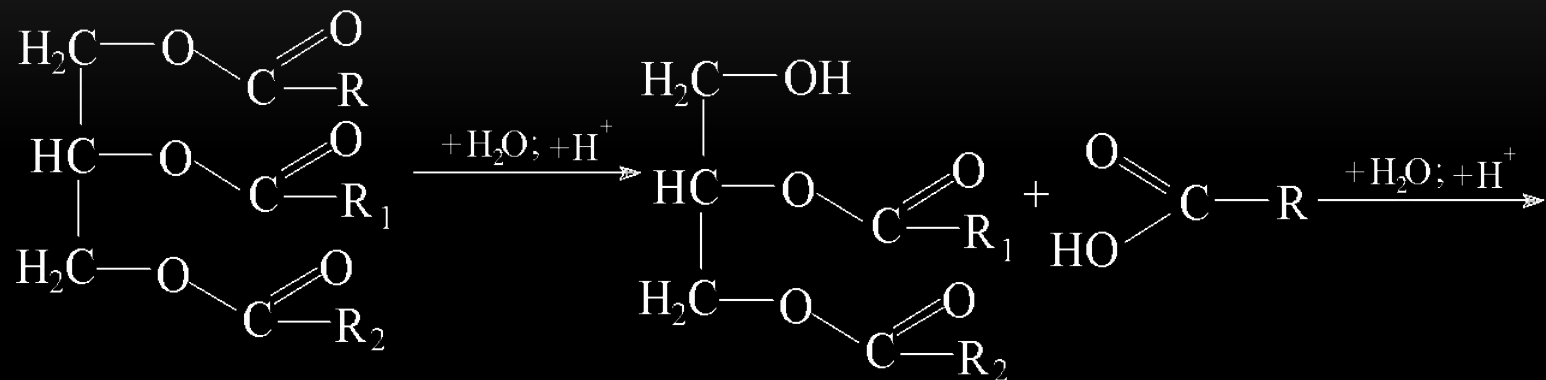
Плотность триглицеридов при 15°C составляет 900÷980 кг/м<sup>3</sup>.

# ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Глицериды вступают во все реакции характерные для сложных эфиров:

- Гидролиз. Протекает в присутствии кислот или щелочей, а также фермента – липазы, ступенчато. При повышении температуры сильно ускоряется.
- Переэтерификация протекает в присутствии, в качестве катализаторов, метилата и этилата натрия и калия, гидроксида натрия.
- Алкоголиз. При этом высвобождается глицерин.
- Ацидолиз.
- Гидрогенизация.
- Окисление.

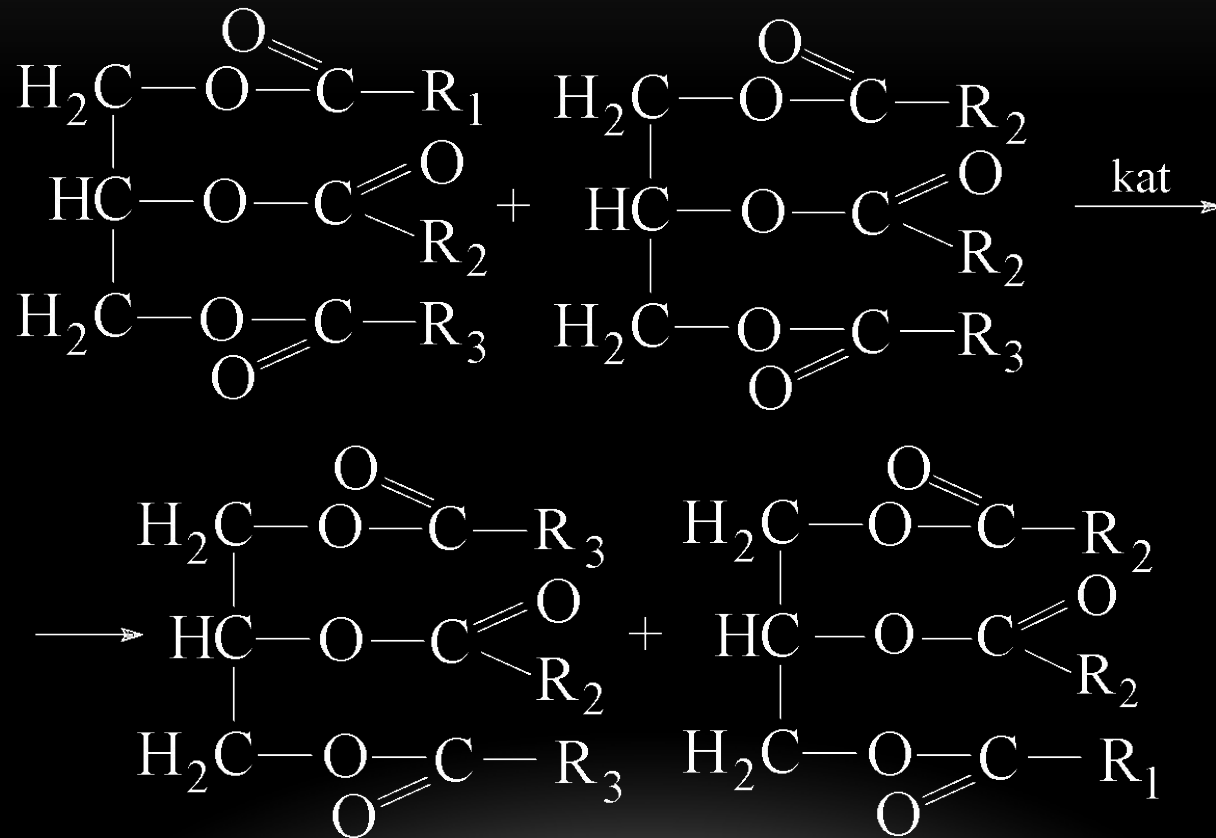
- Гидролиз жиров.



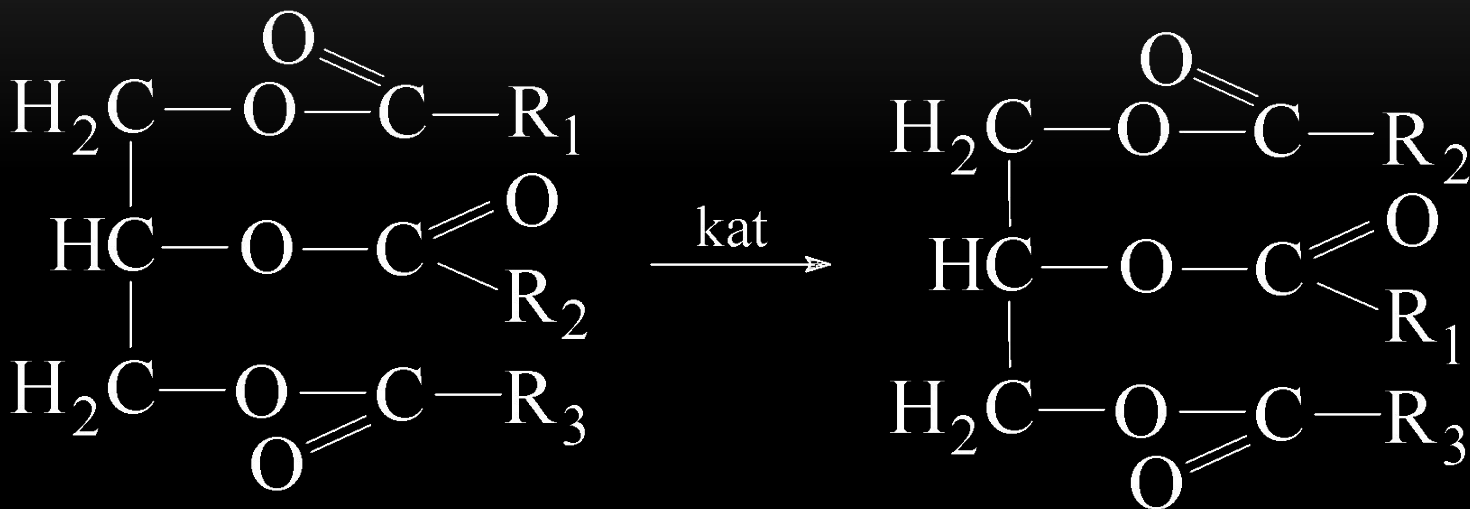


- Переэтерификация жиров.

- межмолекулярная

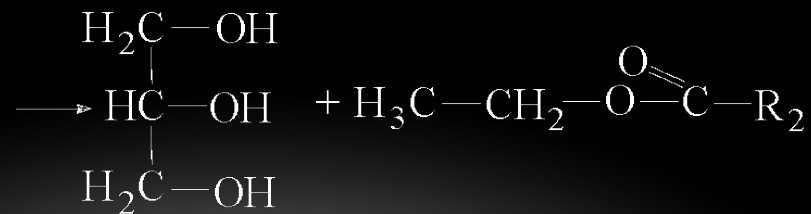
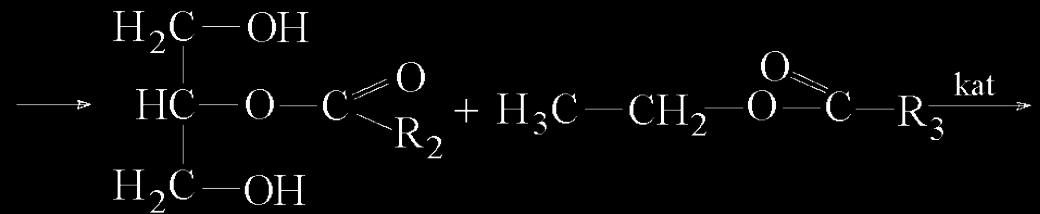
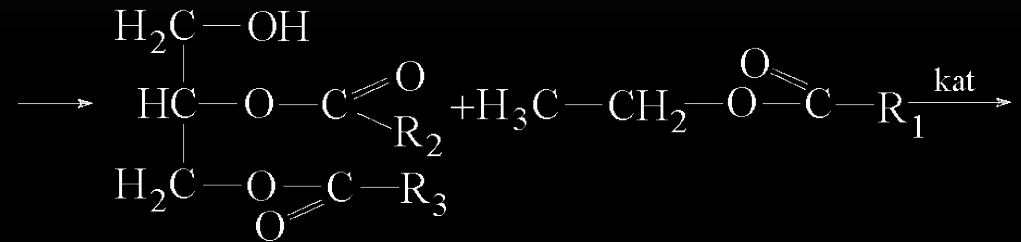
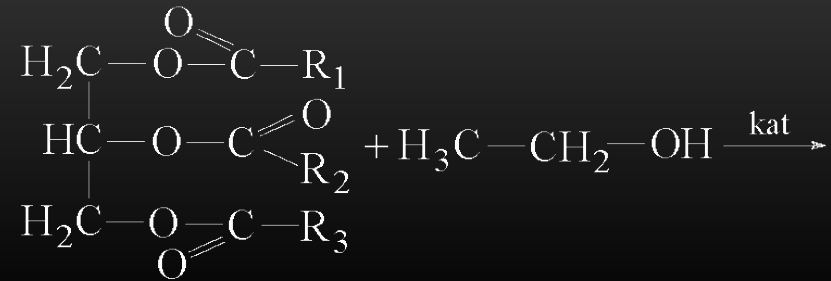


- Внутримолекулярная



В качестве катализатора могут быть: чистые калий или натрий; гидроксид натрия, метилат или этилат натрия.

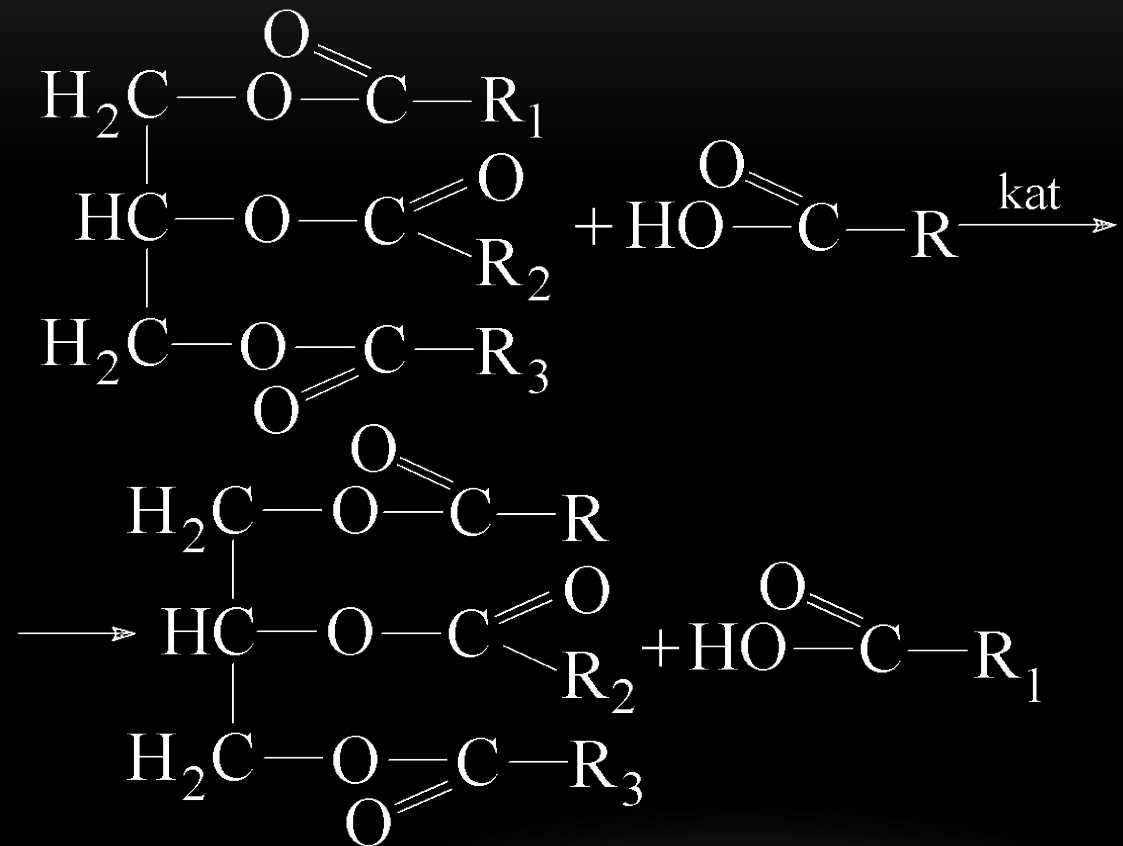
- Алкоголиз жиров.



В качестве катализаторов при алкоголизе применяют гидроксид натрия, алкоголяты щелочных металлов, серную кислоту, хлороводород.

Алкоголиз применяют для промышленного и лабораторного получения сложных эфиров жирных кислот, моно и диглицеридов (глицерин в качестве спирта – глицеролиз).

- Ацитолиз.



Реакция ацитодолиза протекает в присутствии серной кислоты, воды или трифторида бора. Реакция ускоряется с увеличением силы свободной жирной кислоты.

- Гидрогенизация жиров.

Гидрирование жиров молекулярным водородом в промышленности проводят при температурах  $180 \div 240^{\circ}\text{C}$  в присутствии никелевых и медно-никелевых катализаторов, как правило, при небольшом давлении. Подбирая соответствующие условия реакции, удается осуществить этот процесс селективно, гидрируя сначала радикалы линоленовой кислоты до линолевой, затем линолевой до олеиновой, а уже потом радикалы олеиновой (если это необходимо) до стеариновой кислоты. Полученный продукт с заранее заданным кислотным составом и свойствами называют саломасом.





- Окисление жиров.

Жиры и масла, особенно содержащие радикалы ненасыщенных жирных кислот, окисляются кислородом воздуха. Начальными (первичными) продуктами окисления являются разнообразные по строению перекиси и гидроперекиси.

В результате сложных превращений перекисей образуются вторичные продукты окисления: спирты, альдегиды, кетоны, кислоты с углеродной цепочкой различной длины, а также их производные, в частности продукты полимеризации.

- Воски.

Сложные эфиры высокомолекулярных одноосновных карбоновых кислот и одностомных высокомолекулярных спиртов.

В состав восков входят главным образом кислоты, содержащие 24÷32 атома углерода, и спирты, углеродная цепочка которых состоит из 14÷30 атомов углерода.

Воски широко распространены в природе. Воски покрывают тонким слоем листья, стебли и плоды растений.

Из растительных восков промышленное значение имеют воски, покрывающие листья пальм (карнаубский воск), воски липидов риса и подсолнечника. Из восков животного происхождения наибольшую роль играют спермацет и спермацетовое масло, шерстяной жир; из восков насекомых – пчелиный воск.

Спермацет – твердый кристаллический продукт белого цвета, состоящий в основном из цетилового эфира пальмитиновой кислоты. Выделяют спермацет из маслообразной массы, содержащейся в голове кашалота.

Шерстяной жир – жиропот овечьей шерсти, от желтого до темнокоричневого цвета, с резким неприятным запахом. После соответствующей обработки из него получают слабоокрашенный мазеобразный ланолин (состоит в основном из сложных эфиров кислот с  $C_{10} \div C_{20}$  и спиртов с  $C_{18} \div C_{20}$ ).

Пчелиный воск получают из пчелиных сот вытапливаемым или экстракцией после удаления меда. Он состоит главным образом из эфиров кислот  $C_{26} \div C_{30}$  и спиртов  $C_{14} \div C_{31}$  и содержит до 15% углеводов.

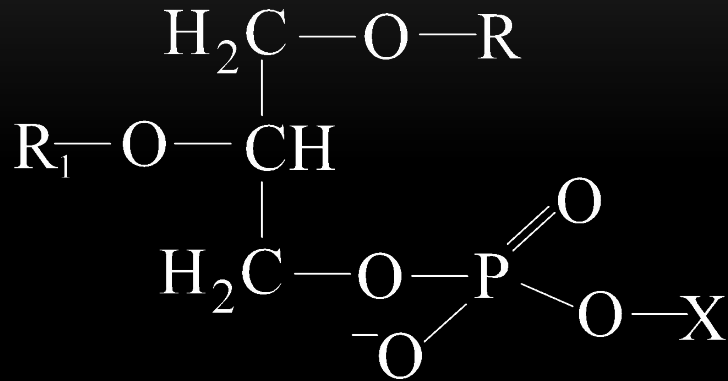
Воски гидролизуются труднее, чем жиры.

Не растворимы в воде, а в органических растворителях растворяются хуже, чем жиры.

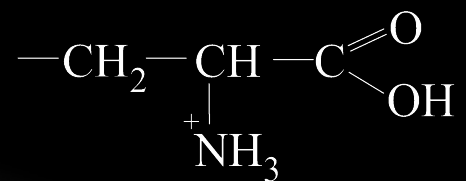
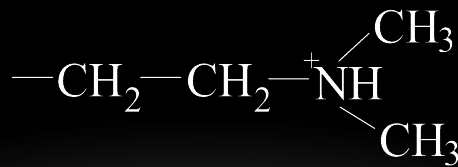
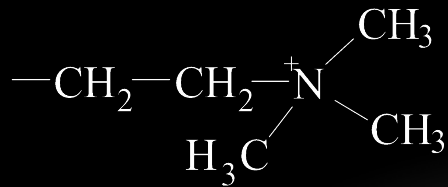
## ❖ СЛОЖНЫЕ ЛИПИДЫ

- Фосфатиды – липиды, дающие при гидролизе глицерин, высшие монокарбоновые кислоты, фосфорную кислоту и аминоспирты или другие сложные спирты. Могут быть разделены, в зависимости от строения полиола (центрального структурного фрагмента), на: глицерофосфолипиды, диольные фосфолипиды и сфинголипиды.

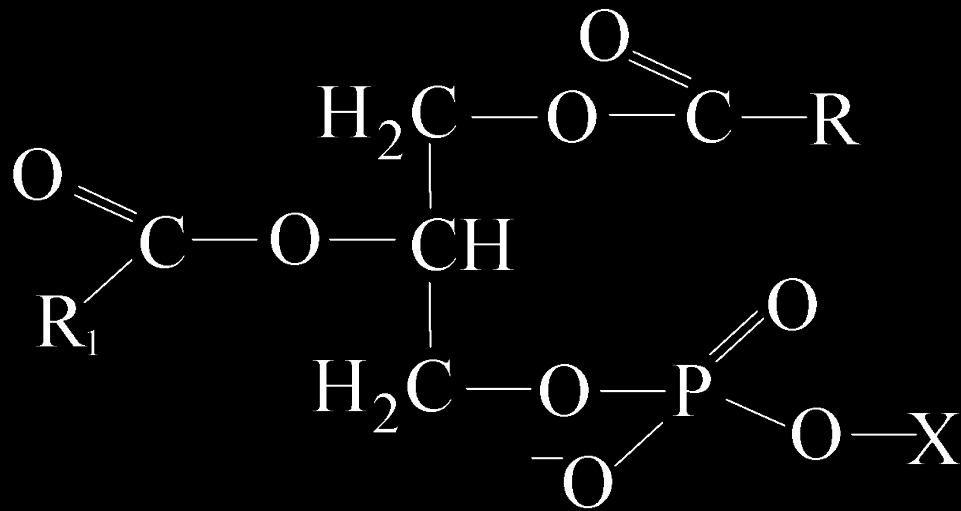
- Глицерофосфалепиды.



Где X может быть представлен в виде атома водорода или следующих заместителей



Наиболее простое строение из глицерофосфолипидов имеют широко распространенные в природе фосфатидные (фосфатидиновые) кислоты



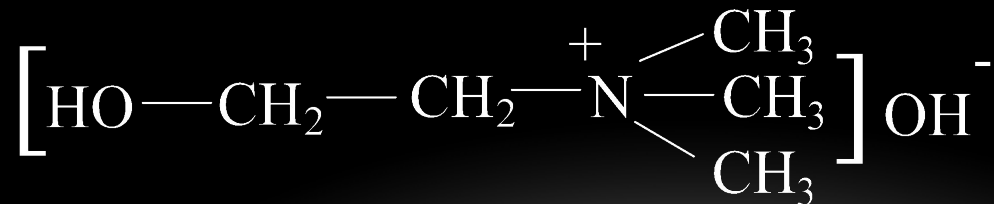
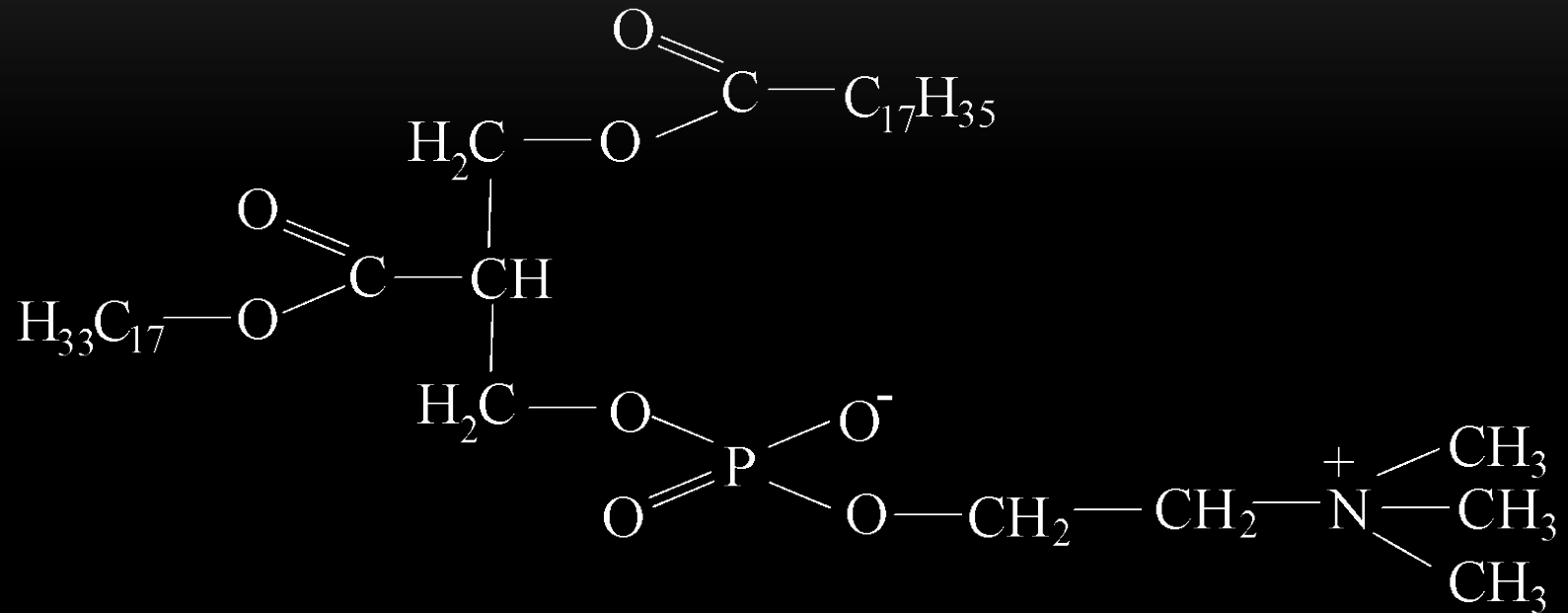
монофосфатидная кислота



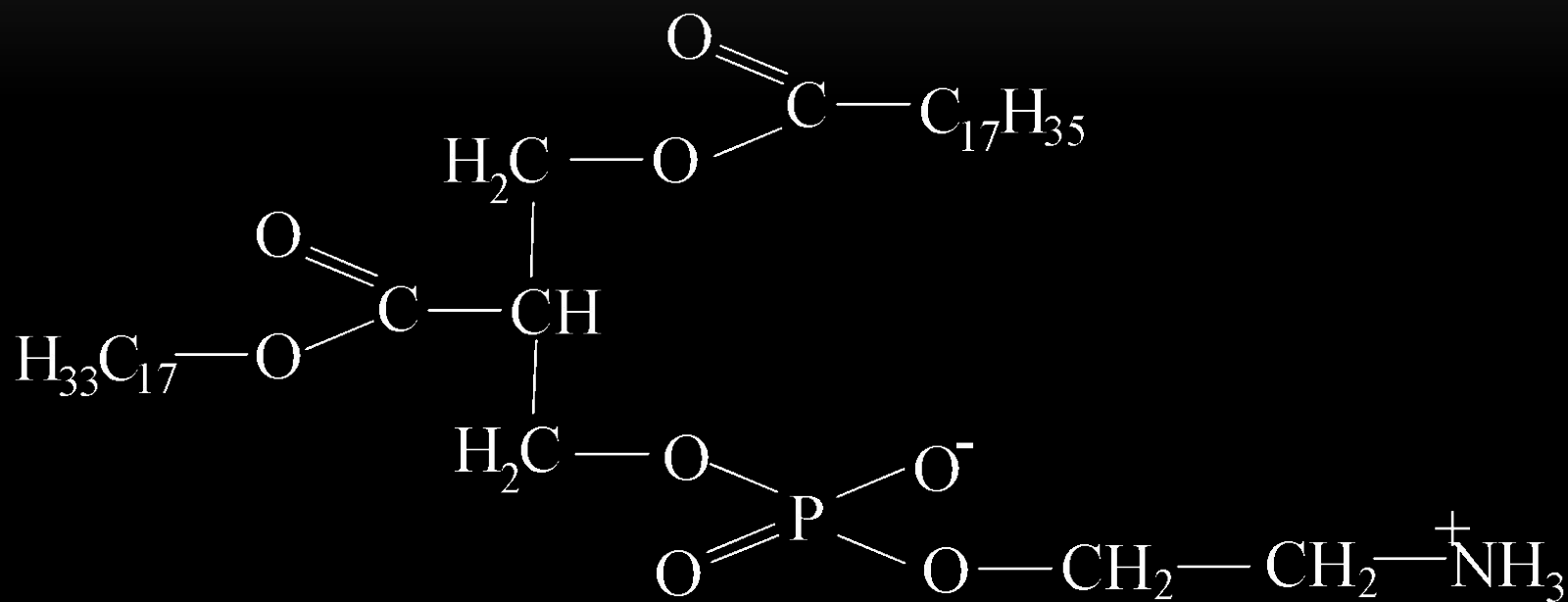
В растениях, микроорганизмах и некоторых животных тканях обнаружены молекулы, построенные из нескольких остатков фосфатидных кислот, например – триглицерофосфат.

Наиболее распространены среди фосфолипидов фосфатидилхолины (в их молекулах X представлен остатком аминок спирта холина) и фосфатидиэтаноламины (в их молекулах содержится остаток этаноламина).

- Лецитины

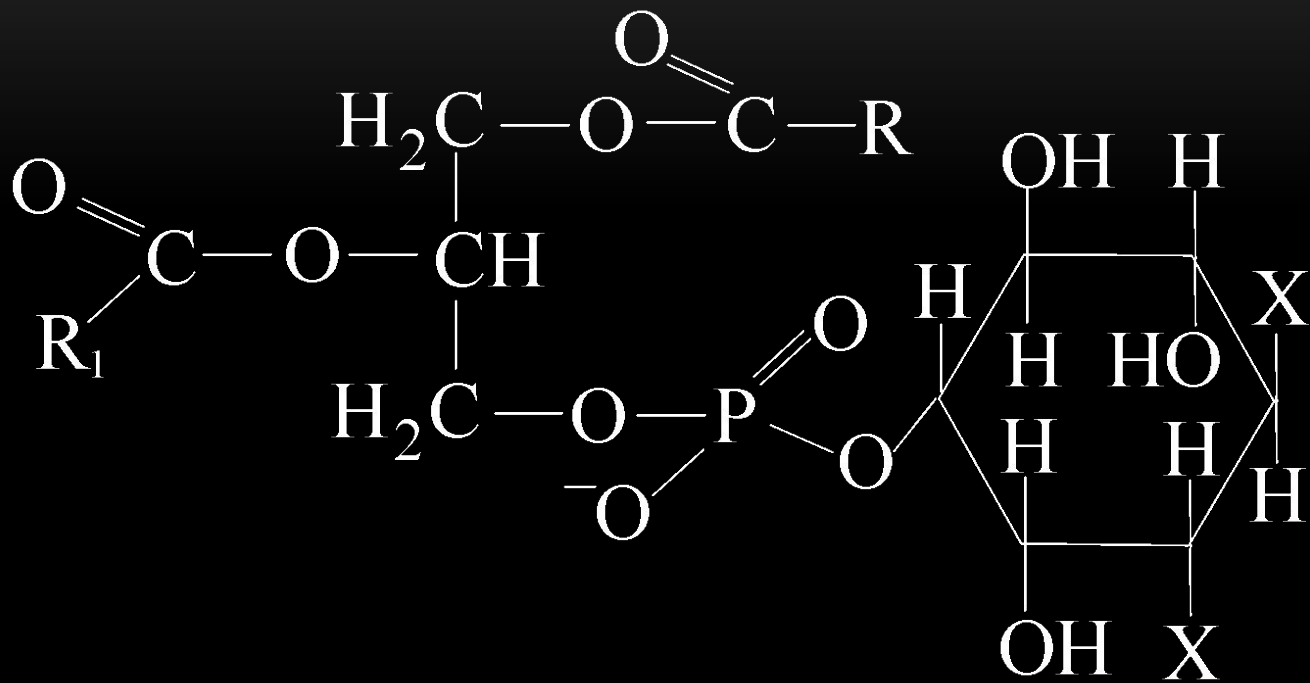


- Кефалины



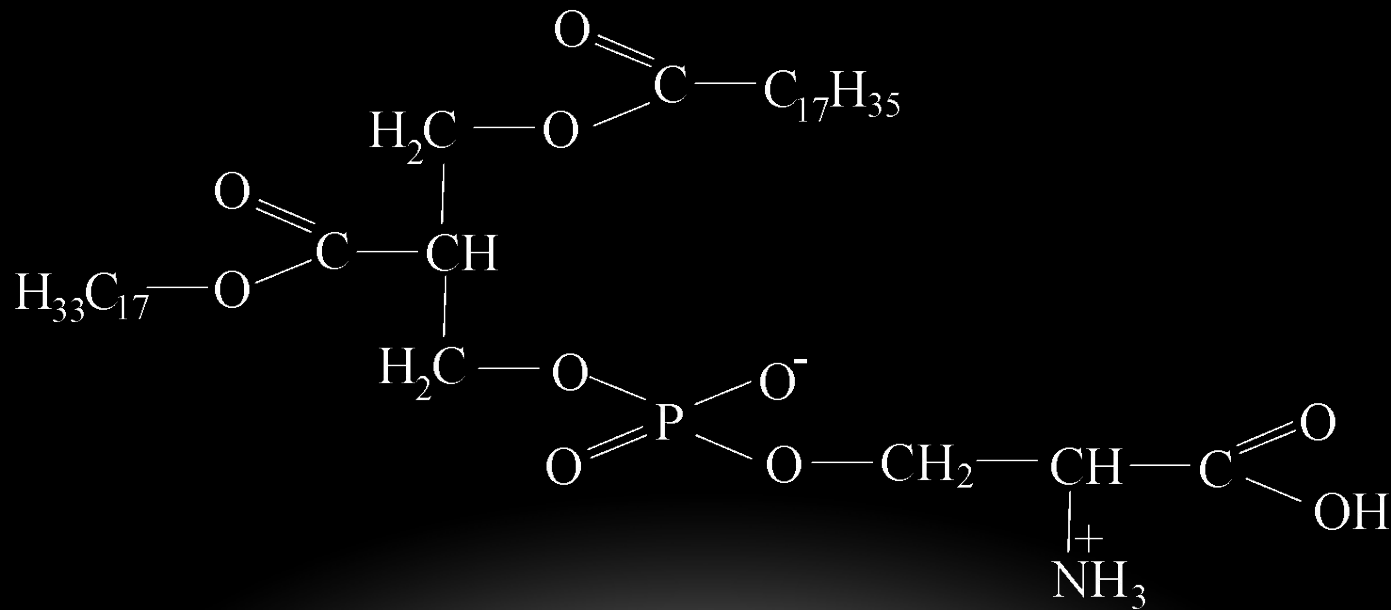
- Инозитфосфатиды. Или фосфатидинозитах X представлен остатком циклического спирта – гексаоксициклогексана (инозит).

Оксигруппы в миоинозите могут быть этерефицированы кислотами различного строения. Фосфоинозитиды, в молекулах которых спиртовые группы миоинозита (обычно в положении 4,5) этерефицированы ортофосфорной кислотой, называют полифосфоинозитидами..

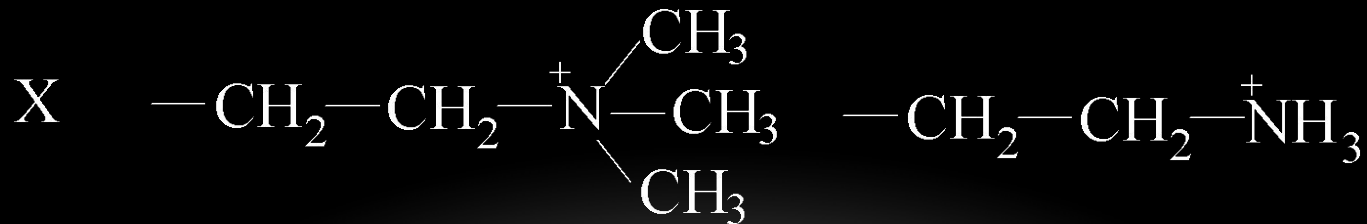
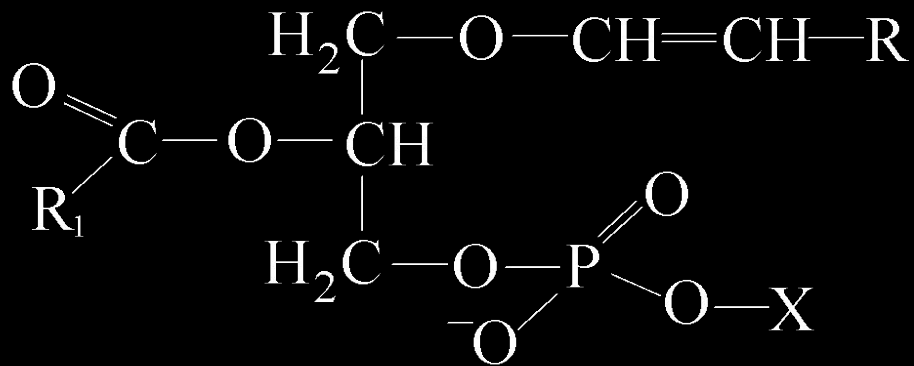


Где X – остатки кислот

В состав другой группы фосфолипидов входит фосфатидилсерин. Среди продуктов его гидролиза обнаружена аминокислота серин. В тканях живых организмов фосфатидилсерины присутствуют в виде солей калия, натрия и магния.



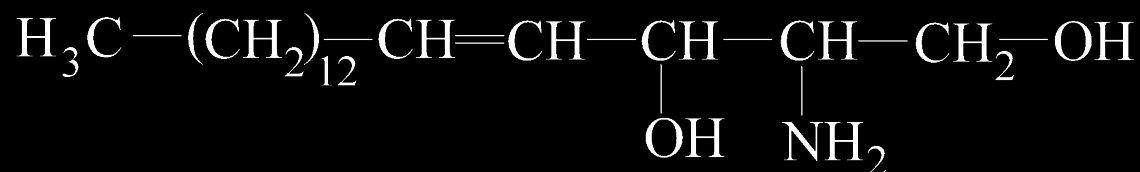
- Фосфорсодержащие плазмалогены. Эта группа соединений присутствует главным образом в фосфолипидах животных и человека. На их долю приходится до 30÷40% фосфолипидов мозга и сердечной мышцы.



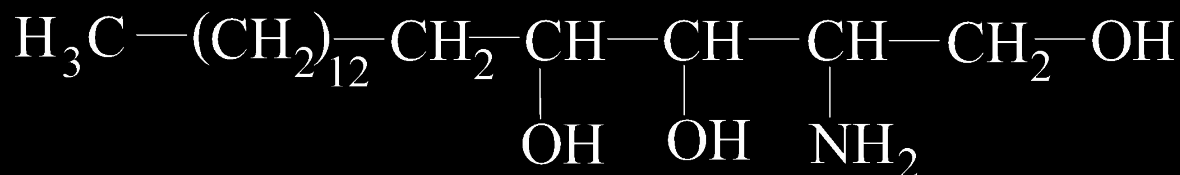


- СФИНГОЛИПИДЫ

Так называют группу сложных липидов, основой молекулы которых являются алифатические аминоспирты, из которых наиболее распространены сфингозин и церебрин.



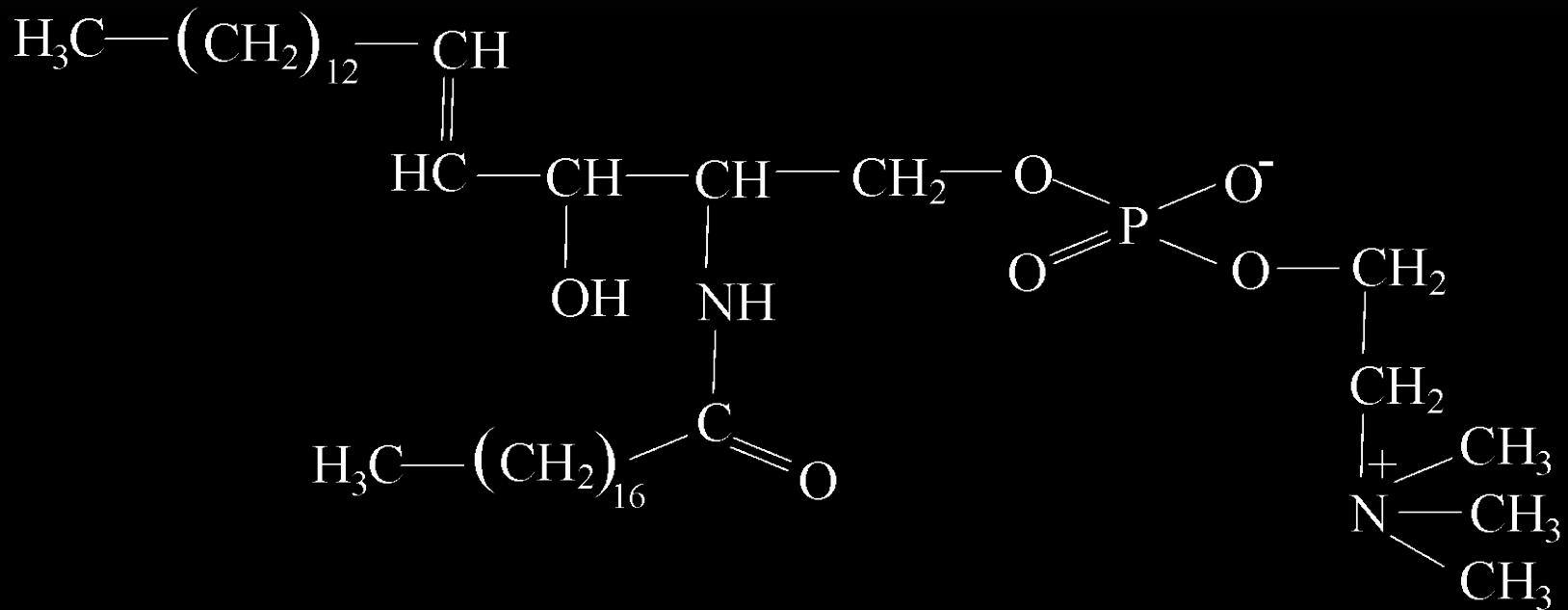
сфингозин



церебрин (фитосфингозин)

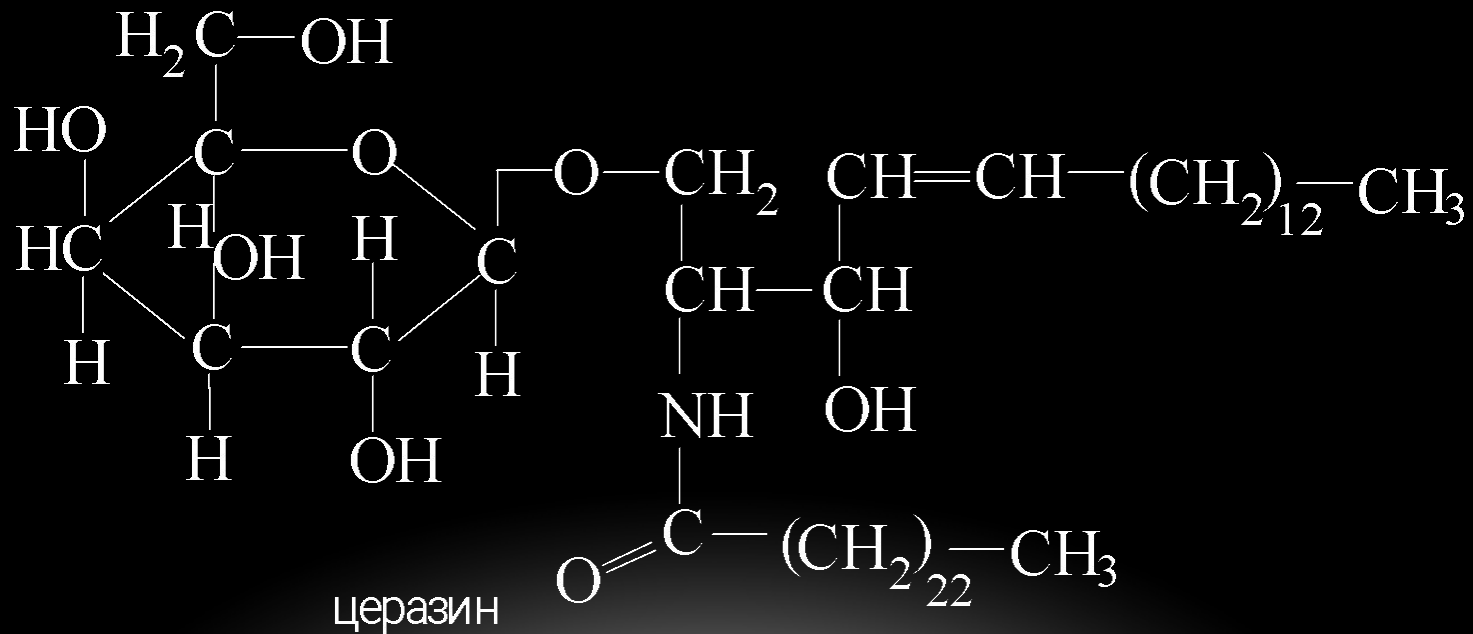
Сфинголипиды делятся на: фосфорсодержащие и гликоэфинголипиды.

- Фосфорсодержащие сфинголипиды. Их молекулы содержат остатки холина.



- Гликосфингозины. Эта группа включает несколько типов соединений: цереброзиды, ганглиозиды, сульфолипиды и некоторые другие.

✓ цереброзиды



□ Ганглиозиды.

✓ Сульфолпиды.