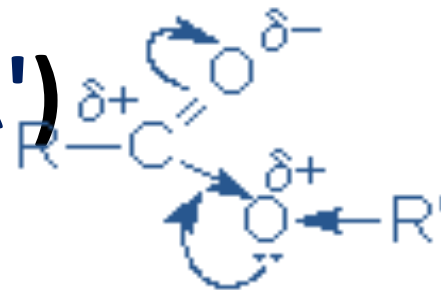
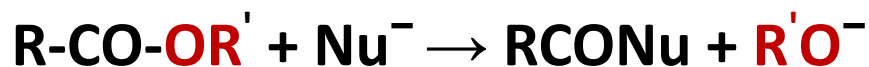


Сложные эфиры (R-COOR')



- Сложные эфиры низших карбоновых кислот и простейших одноатомных спиртов — летучие бесцветные жидкости с характерным, зачастую фруктовым запахом.
- Сложные эфиры высших карбоновых кислот — бесцветные твердые вещества.

Атом углерода карбонильной группы электрофилен, вследствие этого для них характерны реакции замещения спиртового остатка с разрывом связи ацил-кислород:



Nu: HOH, ROH, NH₃, RNH₂, R₂CH₂ и т. п.

- Характерные реакции S_N.
- Реакционная способность как у кислот.

HCOOCH_3 — **метилформиат**, $t_{\text{кип}} = 32$ °С; растворитель жиров, минеральных и растительных масел, целлюлозы, жирных кислот; ацилирующий агент; используют в производстве некоторых уретанов, формамида.

HCOOC_2H_5 — **этилформиат**, $t_{\text{кип}} = 53$ °С; растворитель нитрата и ацетата целлюлозы; ацилирующий агент; отдушка для мыла, его добавляют к некоторым сортам рома, чтобы придать ему характерный аромат; применяют в производстве витаминов В1, А, Е.

$\text{HCOOCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ — **изобутилформиат** несколько напоминает запах ягод малины.

$\text{HCOOCH}_2\text{C}_6\text{H}_5$ — **бензилформиат**, $t_{\text{кип}} = 202$ °С; имеет запах жасмина; используется как растворитель лаков и красителей.

$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ — **этилацетат**, $t_{\text{кип}} = 78$ °С; подобно ацетону растворяет большинство полимеров. По сравнению с ацетоном его преимущество в более высокой температуре кипения (меньшей летучести).

$\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ — **изоамилацетат (изопентилацетат)**, используется как компонент грушевой и банановой эссенций.

$\text{CH}_3\text{COOC}_8\text{H}_{17}$ — ***n*-октилацетат** имеет запах апельсинов.

$\text{C}_3\text{H}_7\text{COOCH}_3$ — **метилбутират**, $t_{\text{кип}} = 102,5$ °С; по запаху напоминает ранет.

$\text{C}_3\text{H}_7\text{COOC}_2\text{H}_5$ — **этилбутират**, $t_{\text{кип}} = 121,5$ °С; имеет характерный запах ананасов.

$\text{C}_3\text{H}_7\text{COOC}_5\text{H}_{11}$ — ***n*-пентилбутират** и $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ — **изопентилбутират** имеют запах груш, а также служат растворителями в лаках для ногтей.

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ

№	Химические свойства	Реакция	Продукты реакции
1	Гидролиз Омыление	$\text{R-COOR}' + \text{H}_2\text{O} \text{ (в кислой среде)} \rightarrow$ $\text{R-COOR}' + \text{NaOH} \rightarrow$	Кислота + спирт Соль + спирт
2	Аммонолиз	$\text{R-COOR}' + \text{NH}_3 \rightarrow$	Амид + спирт
3	Переэтерификация	$\text{R-COOR}_1 + \text{R}_2\text{OH} \rightarrow \text{R-COOR}_2 + \text{R}_1\text{OH}$	
4	Взаимодействие с реактивами Гриньяра	$\text{R-COOR}' + \text{R}''\text{-MgHal} \rightarrow$ <div style="text-align: center;"> <p style="text-align: center;"> $\text{R}-\text{C} \begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OR}' \end{matrix} \xrightarrow{\text{R}''\text{MgX}} \text{R}-\text{C} \begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}'' \end{matrix} \xrightarrow{\text{R}''\text{MgX}} \text{R}-\text{C} \begin{matrix} \text{R}'' \\ \\ \text{OMgX} \end{matrix} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{R}-\text{C} \begin{matrix} \text{R}'' \\ \\ \text{OH} \end{matrix}$ </p> <p style="text-align: center;"> сложный эфир + R'OMgX третичный спирт </p> </div>	Кетоны + RMgHal → спирты третичные
5	Восстановление	$\text{R-COOR}' + \text{H}_2 \rightarrow$	Спирты

Ангидриды кислот



Характерные реакции - S_N

Высокая реакционная способность.

Ангидриды карбоновых кислот представляют собой бесцветные жидкости с едким запахом.

Ангидриды - ацилирующие агенты, применяются в производстве ацетилцеллюлозы, винилацетата, красителей, лекарственных веществ, синтетических полимеров, термостойких полиимидов, карбоксилатных каучуков, детергентов.

№	Химические свойства	Реакция	Продукты реакции
1	Гидролиз	$R-CO-O-CO-R \rightarrow$	Кислоты
2	Этерификация	$R-CO-O-CO-R + ROH \rightarrow$	Сложный эфир + кислота
3	Аммонолиз	$R-CO-O-CO-R + NH_3$ или амины \rightarrow	Амид + соль аммония

Галогенангидриды кислот R-CO-Hal

- Характерные реакции S_N
- Высокая активность.
- Не требуется катализ.



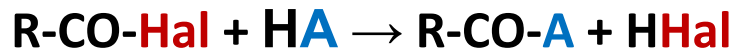
Галогенангидриды карбоновых кислот являются высокореакционноспособными веществами и широко используются в органическом синтезе для введения ацильной группы (реакция ацилирования).

Галогенангидриды - сильные электрофильные агенты. Их электрофильность возрастает в ряду:



Практическое значение имеют хлорангидриды и в меньшей степени бромангидриды.

При взаимодействии галогенангидридов карбоновых кислот с нуклеофилами образуются продукты ацилирования:



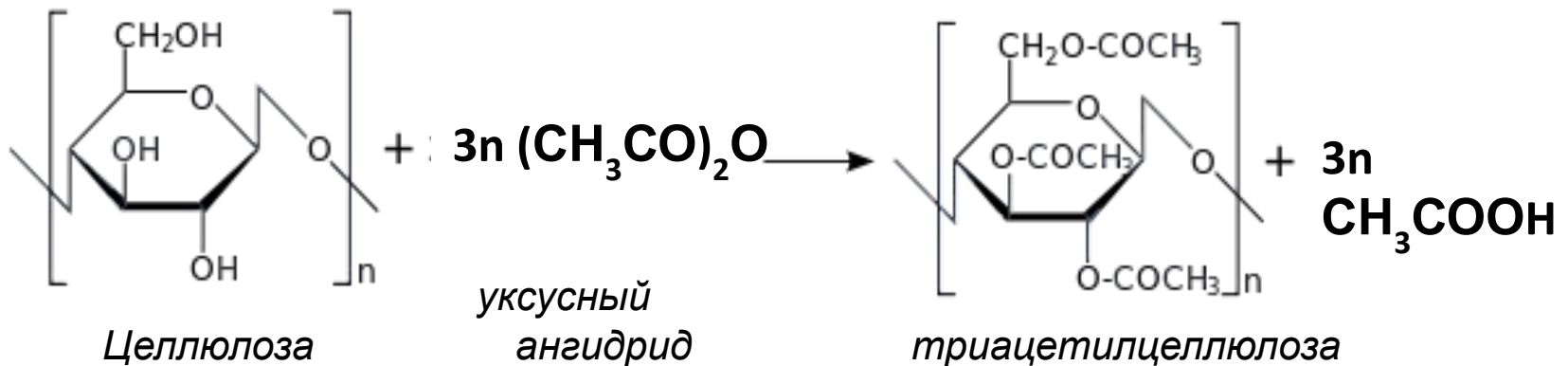
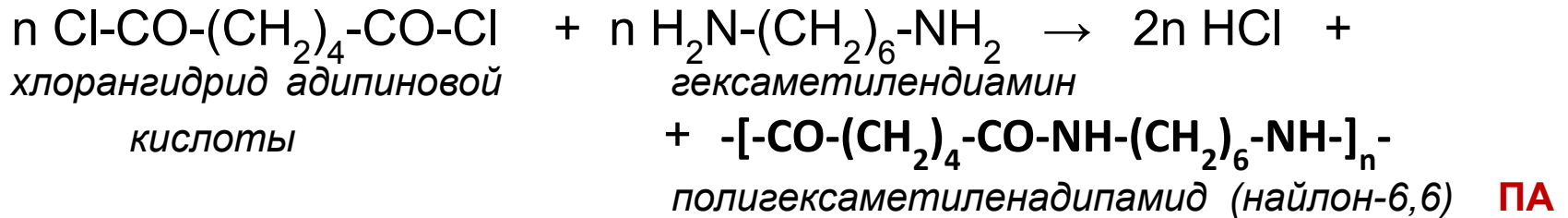
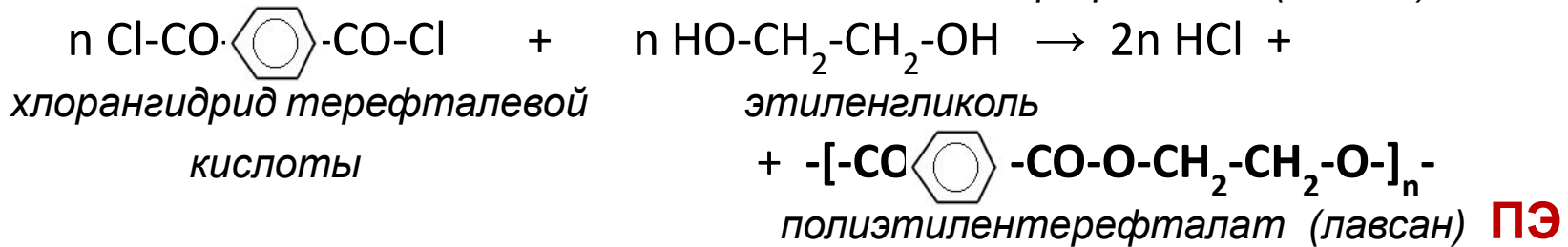
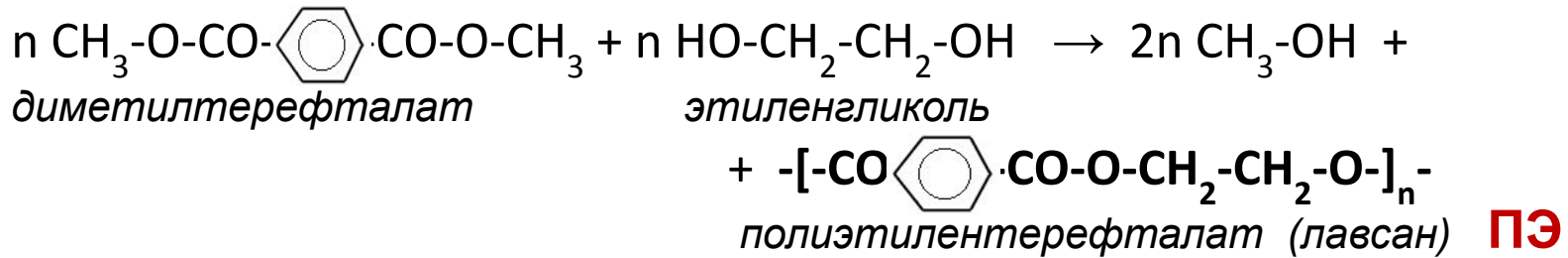
Галогенангидриды карбоновых кислот легко вступают в реакции нуклеофильного замещения, реакции идут без катализаторов.

Реакцией дигалогенангидридов дикарбоновых кислот с диаминами и дигидроксисоединениями (гликолями, двухатомными фенолами) получают полиамиды и сложные полиэфиры.

Химические свойства галогенангидридов карбоновых кислот

№	Химические свойства	Реакция	Продукты реакции
1	Гидролиз	$R-CO-Hal + H_2O \rightarrow$	Кислоты
2	Этерификация	$R-CO-Hal + ROH \rightarrow$	Сложные эфиры
3	Аммонолиз	$R-CO-Hal + NH_3$ или амины \rightarrow	Амиды
4	Взаимодействие с реактивами Гриньяра	$R-CO-Hal + R-MgHal \rightarrow$	Альдегиды или кетоны \rightarrow спирты вторичные или третичные ⁶

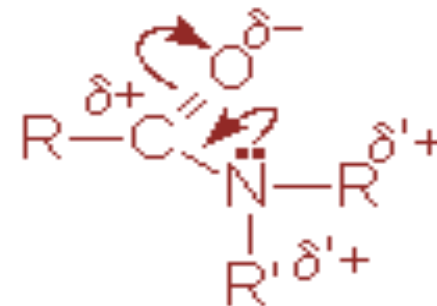
Производство полимерных материалов



Амиды карбоновых кислот



- Характерные реакции S_N



№	Химические свойства	Реакция	Продукты реакции
1	<p>Гидролиз в кислой среде</p> <p>Омыление</p>	$R-CO-NH_2 + HX + H_2O \rightarrow$ $R-CO-NH_2 + NaOH \rightarrow$	<p>Кислота + NH_4X</p> <p>$RCOONa + NH_3$</p>
2	Восстановление	$R-CO-NH_2 + H_2 \rightarrow$	Амины + H_2O
3	Дегидратация	$ \begin{array}{c} RCONH_2 \\ \\ O \end{array} \xrightarrow[t]{+P_2O_5} RCN + 2HPO_3 $	Нитрилы

- При действии горячей воды или водного пара амиды гидролизуются. Быстрее идёт гидролиз сильными щелочами и водными растворами сильных кислот.
- Амиды обладают очень слабо выраженными кислотными и основными свойствами. Реагируя со щелочными металлами, они дают соли, легко разлагаемые водой.

□ **Форма́мид** — амид муравьиной кислоты **H-CO-NH₂**.

Форма́мид используется в качестве сырья в производстве синильной кислоты (дегидратация формамида) и муравьиной кислоты (гидролизом формамида).

□ **N,N-Диметилформа́мид (ДМФА)** **H-CO-N(CH₃)₂**

Применение: растворитель при производстве полиакрилонитрильного волокна (нитрона), и других полимеров, для растворения масляных красок, красителей при крашении кожи, бумаги, древесины, вискозы; для абсорбции HCl, SO₂ и других кислотных газов; для проведения спектроскопических исследований в ближней инфракрасной области; в кислотно-основном титровании слабых кислот в неводных средах (в качестве среды).

□ **Мочеви́на (карба́мид)** — диамид угольной кислоты **H₂N-CO-NH₂**

Мочевина образует комплексы со многими соединениями, например с перекисью водорода CO(NH₂)₂-H₂O₂, используемое как удобная и безопасная форма «сухой» перекиси водорода (гидроперит). Используется для депарафинизации нефти, используется как азотное удобрение.

применяется для синтеза мочевиноформальдегидных смол, широко используемых в качестве адгезивов в производстве древесно-волоконистых плит (ДВП) и мебельном производстве.



Нитрилы карбоновых кислот R-C≡N



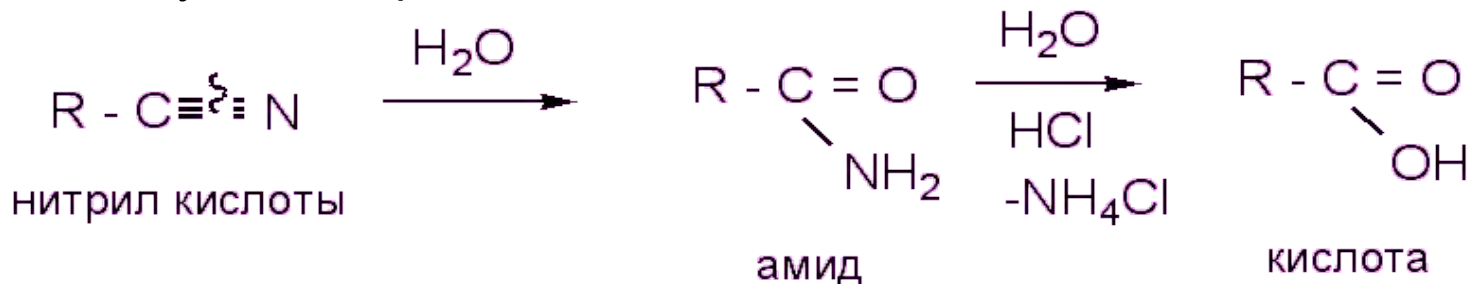
• Характерные реакции - A_N

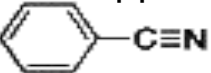
Нитрильная группа обладает отрицательными мезомерным и индукционным эффектами. Нитрилы способны вступать в реакции как с электрофильными реагентами по атому азота, так и с нуклеофильными реагентами по атому углерода.

Нитрилы являются жидкими или твёрдыми веществами, растворимыми в органических растворителях. Низшие нитрилы хорошо растворяются в воде.

№	Химические свойства	Реакция	Продукты реакции
1	Щелочной гидролиз	$R-C \equiv N + H_2O \rightarrow$	Амид кислоты \rightarrow \rightarrow соль кислоты + NH_3
2	Гидрирование:	$R-C \equiv N + H_2 \rightarrow$	Амины
3	Взаимодействие с реактивами Гриньяра	$R-C \equiv N + R-MgHal \rightarrow$	Кетоны

- Гидролиз нитрилов в кислой среде приводит сначала к амидам, потом — к соответствующим карбоновым кислотам:



- Неподелённая электронная пара на атоме азота способствует образованию комплексов нитрилов с солями металлов, например, с CuCl , NiCl_2 , SbCl_5 .
- Наличие нитрильной группы приводит к снижению энергии диссоциации связи C-N у α -углеродного атома.
- Связь $\text{C}\equiv\text{N}$ способна присоединять другие атомы и группы.
 - **Нитрилы** используются в качестве растворителей, инициаторов радикально-цепной полимеризации, сырья для получения мономеров, лекарственных средств, пестицидов, пластификаторов.
 - Наибольшее значение имеют:
 - **ацетонитрил** $\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{N}$ (растворитель, адсорбент при выделении бутадиена из смеси с бутенами),
 - **акрилонитрил** $\text{CH}_2=\text{CH-C}\equiv\text{N}$ (мономер для получения волокна нитрон),
 - **адиподинитрил** $\text{N}\equiv\text{C}-(\text{CH}_2)_4\text{-C}\equiv\text{N}$ (сырьё для синтеза адипиновой кислоты, капролактама, гексаметилендиамина),
 - **бензонитрил** $\text{C}_6\text{H}_5\text{-C}\equiv\text{N}$  (растворитель хлорированных каучуков, нитратов и ацетатов целлюлозы).

Сложные эфиры	$\text{C}_2\text{H}_5\text{-CO-OCH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ $(\text{CH}_3)_2\text{CH-CO-OCH}_3 + \text{NH}_2\text{-C}_2\text{H}_5 \rightarrow$ $\text{C}_2\text{H}_5\text{-CO-OCH}_3 + (\text{CH}_3)_2\text{CH-OH} \rightarrow$ $\text{CH}_3\text{-CO-OC}_2\text{H}_5 + \text{C}_3\text{H}_7\text{MgBr} \rightarrow$ $(\text{CH}_3)_2\text{CH-CO-OCH}_3 + \text{H}_2 \rightarrow$
Ангидриды	$(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow$ $(\text{C}_2\text{H}_5\text{CO})_2\text{O} + 2\text{NH}_3 \rightarrow$
Галогенангидриды	$\text{CH}_3\text{COCl} + \text{HOH} \rightarrow$ $\text{CH}_3\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{COBr} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow$ $\text{C}_3\text{H}_7\text{COBr} + \text{H}_2\text{N-CH}_3 \rightarrow$ $\text{CH}_3\text{-COCl} + \text{C}_2\text{H}_5\text{MgCl} \rightarrow$
Амиды	$\text{CH}_3\text{CO-NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{HCl}} \rightarrow$ $\text{CH}_3\text{CO-NH-CH}_3 + \text{NaOH} \rightarrow$ $\text{C}_4\text{H}_9\text{CO-NH-C}_2\text{H}_5 + 2\text{H}_2 \rightarrow$ $\text{C}_2\text{H}_5\text{CO-NH}_2 \xrightarrow{\text{P}_2\text{O}_5} \rightarrow$
Нитрилы	$(\text{CH}_3)_2\text{CH-CN} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{NaOH}} \text{A} \rightarrow$ $\text{C}_2\text{H}_5\text{-CN} + \text{CH}_3\text{MgBr} \rightarrow$ $\text{C}_2\text{H}_5\text{-CN} + \text{H}_2 \rightarrow$