



**БИБЛИОТЕКА
СТУДЕНТА
УГНТУ**

Серия

МОЛЕКУЛЫ И РЕАКЦИИ

Выпуск 4

МОНОМЕРЫ



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уфимский государственный нефтяной технический университет»

Библиотека студента УГНТУ

Серия
МОЛЕКУЛЫ И РЕАКЦИИ

Выпуск 4
МОНОМЕРЫ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

*Под общей редакцией
члена-корреспондента АН РБ профессора С. С. Злотского*

Уфа
Издательство УГНТУ
2014

УДК 547.7(07)
ББК 24.236я7
П17

Утверждено Редакционно-издательским советом УГНТУ
в качестве учебного пособия

Авторы: Ю.И. Пузин, Л.З. Рольник

Под общей редакцией члена-корреспондента АН РБ профессора
С.С. Злотского

Рецензенты:

Доктор химических наук профессор Н.Н. Кабальнова
Доктор химических наук профессор В.М. Янборисов

Пузин Ю.И.

П17 Мономеры: учеб. пособие / Ю.И. Пузин, Л.З. Рольник; под общ.
ред. проф. С.С. Злотского // Сер. Молекулы и реакции-Уфа: РИЦ
УГНТУ, 2014.-Вып. 4.- 71с
ISBN 978-5-7831-1177-8

В данном учебном пособии рассмотрены различные препаративные и промышленные методы синтеза мономеров, применяемых для получения полимеров по реакциям полимеризации и поликонденсации. В компактной форме приведены физические и химические свойства наиболее часто используемых мономеров. Большое внимание уделено также токсикологическим свойствам мономеров. Книга может быть рекомендована в качестве учебного пособия для студентов старших курсов технологических вузов, специализирующихся в области химии и технологии полимеров. Она может быть полезна также магистрантам, аспирантам и преподавателям вузов.

УДК 547.7(07)
ББК 24.236я7

ISBN 978-5-7831-1177-8

©ФГБОУ ВПО
«Уфимский государственный нефтяной
технический университет», 2014
©Пузин Ю.И., Рольник Л.З., 2014

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Мономеры.	5
Нахождение в природе	5
История (открытие и производство)	6
Физические свойства	16
Промышленное производство	20
Лабораторные способы получения	21
Химические свойства	30
Области применения	51
Токсичность и воздействие на живые организмы	56
Список использованных литературных источников	63

Предисловие

Химия и технология мономеров является важной частью программы подготовки магистров по специальности «Химическая технология пластических масс». При рассмотрении широкого круга вопросов, связанных с получением и очисткой мономеров, их реакционной способностью и технологией полимеризационных процессов, магистранты сталкиваются с определенными проблемами. В первую очередь это связано с отсутствием соответствующих специализированных учебников и учебных пособий адаптированных для химико-технологических вузов. Имеющиеся материалы, (в первую очередь монографии Платэ Н.А., Сливинский Е.В. Основы химии и технологии мономеров. – М.: Наука, 2002. – 696с. и Вацулик П. Химия мономеров. – М.: Иностран. лит-ра, 1960. – Т.1. - 736с). включают ряд второстепенных разделов, а также страдают излишне подробным (для магистрантов) обсуждением деталей и частных вопросов. Это затрудняет их использование и, в определенной степени, снижает эффективность учебного процесса. Наш опыт подготовки магистров показал, что необходим дополнительный вспомогательный материал, содержащий простое, четкое и понятное изложение узловых и принципиальных вопросов химии и технологии важнейших мономеров.

В этой связи ведущими сотрудниками кафедры «Общая и аналитическая химия» УГНТУ проф. Пузиным Ю.И. и проф. Рольник Л.З. в рамках серии учебно-методических публикаций «Молекулы и реакции» подготовлено данное учебное пособие. На высоком научно-методическом уровне, ясно и доступно рассмотрены и изложены базовые препаративные и промышленные пути получения мономеров, используемых в важнейших, крупнотоннажных процессах полимеризации и поликонденсации.

Список рекомендованной литературы включает современные источники, в которых учащиеся могут найти дополнительную информацию и углубить, при необходимости, знания в той или иной области химии и технологии мономеров.

Безусловно, данное учебное пособие полезно и интересно магистрантам, аспирантам, научным сотрудникам и преподавателям химико-технологических специальностей.

Данный материал успешно расширяет и дополняет ряд опубликованных ранее в рамках проекта «Молекулы и реакции» пособий, подготовленных преподавателями технологического факультета УГНТУ.

Научный редактор
профессор

С.С. Злотский

Введение

Мономер (др.-греч. — часть) — это низкомолекулярное вещество, образующее полимер в реакции полимеризации. Мономерами также называют повторяющиеся звенья (структурные единицы) в составе полимерных молекул.

Низкомолекулярные полимеры, образованные из небольшого количества мономеров и способные, в свою очередь, к полимеризации, принято называть олигомерами.

Способность к полимеризации, в основном, обусловлена наличием двойных связей в их молекулах.

Мономеры различают по функциональности. Бифункциональными называют мономеры, имеющие две реакционноспособные функциональные группы, трифункциональными - соответственно три и т.д.

Мономеры могут быть как органическими, так и неорганическими. Примерами органических мономеров могут служить молекулы ненасыщенных углеводородов, таких как алкены и алкины. К примеру, полимеризация этена приводит к образованию такой широко известной пластмассы, как полиэтилен.

Также в промышленности широко используют акриловые мономеры — акриловую кислоту, акрилонитрил и их производные.

НАХОЖДЕНИЕ В ПРИРОДЕ

Мономеры являются химически активными соединениями, так как содержат непереломные связи, поэтому в природе они практически не встречаются.

Одним из немногих природных олефинов является феромон, выделяемый самками домашней мухи.

Природными мономерами белков являются аминокислоты, мономеры глюкозы образуют различные полисахариды – гликоген, крахмал, целлюлоза; фруктоза – это природный мономер полисахарида инулина.

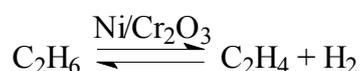
ИСТОРИЯ (ОТКРЫТИЕ И ПРОИЗВОДСТВО).

ЭТИЛЕН

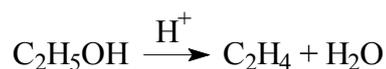
Впервые этилен был получен в 1669 г. немецким химиком и врачом Бехером действием серной кислоты на этиловый спирт. Ученый установил, что его «воздух» более химически активен, чем метан, однако идентифицировать полученный газ он не смог и названия ему не присвоил.

Лишь в 1862 г. немецкий химик-органик Э.Эрленмейр предположил наличие в молекуле этилена двойной связи, а в 1870 году известный российский ученый А. М. Бутлеров признал эту точку зрения правильной, подтвердив её природу экспериментально.

В промышленности этилен получали каталитическим дегидрированием этана:



В настоящее время этилен получают дегидратацией этанола на кислотных катализаторах:



ПРОПИЛЕН

Спустя 50 лет Рейнольдс выделил очередной гомолог этого ряда — пропилен. Он наблюдал его при пропускании сивушного масла через накалинные трубки. Несмотря на то, что для получения пропилена были разработаны специальные методы, в частности, из пропилового и изопрпилового спиртов, еще несколько последующих десятилетий пропилен оставался лишь лабораторным продуктом и промышленных процессов получения пропилена не существовало.

В промышленности пропилен начали получать используя реакцию Фишера-Тропша:



Другой метод – термическое дегидрирование пропана:



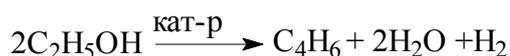
Этот метод имеет множество недостатков, поэтому предложено каталитическое дегидрирование пропана:



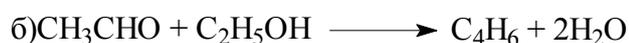
В настоящее время пропилен выделяют из нефтезаводских газов и крекинг-газов.

БУТАДИЕН

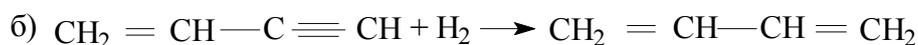
Первым технически целесообразным путём получения бутадиена из спирта является способ С.В.Лебедева, впервые осуществлённый в промышленных масштабах в СССР в 1932 г. и в дальнейшем получивший широкое распространение. По С.В. Лебедеву, спирт непосредственно превращается в бутадиен при пропускании его паров при 400—500⁰С над катализатором, обладающим одновременно дегидрирующим и дегидратирующим действием:



Затем в промышленности был использован способ И.И.Остромысленского. Он состоит из двух стадий:



Следующий промышленный метод получения бутадиена – через димеризацию ацетилена:

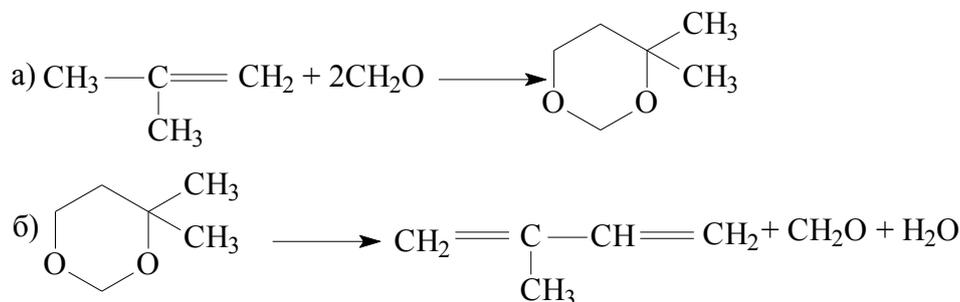


В настоящее время в промышленности бутадиен получают из углеводородов фракции С₄ (н-бутана и н-бутена).

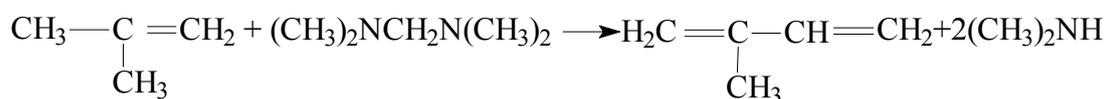
ИЗОПРЕН

Изопрен был впервые получен сухой перегонкой натурального каучука. Синтетически изопрен был получен В.Н.Ипатьевым в 1894 г. из триметилэтилена.

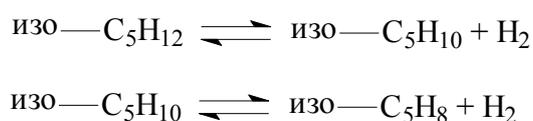
Промышленный метод получения изопрена из изобутилена и формальдегида состоит из двух стадий:



Затем был предложен промышленный метод получения изопрена из изобутилена и метилаля:

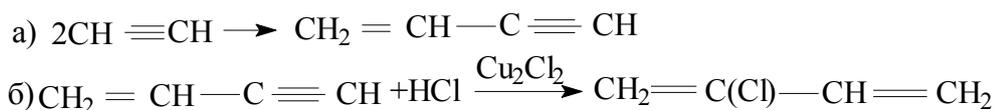


В настоящее время изопрен получают дегидрированием углеводородов фракции C₅:



ХЛОРОПРЕН

Промышленное производство хлоропрена из ацетилена было организовано в СССР в 1940-е годы. Метод состоит из двух стадий:



В настоящее время хлоропрен получают хлорированием углеводородов фракции C₄.

ТЕТРАФТОРЭТИЛЕН

Метод синтеза тетрафторэтилена, разработанный Руффом и

Бретшнайдером, был основан на разложении тетрафторметана в вольтовой дуге.

Промышленное производство тетрафторэтилена основано на пиролизе дифторхлорметана:

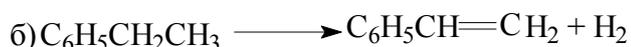
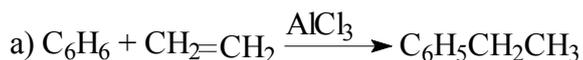


СТИРОЛ

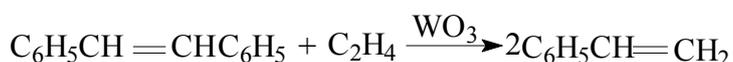
Винилбензол, или фенилэтилен, известен под тривиальным названием «стирол», происшедшим от названия смолы стиракса, из которой он был впервые получен. Впервые стирол получил в 1831 г. Бонастр сухой перегонкой стиракса; при этом стирол образовался в результате термического разложения цинпамеина — бензилового эфира коричной кислоты. Десятью годами позднее стирол получили Жерар и Кагор нагреванием коричной кислоты с гидроокисью бария. Гленар и Будоль обнаружили стирол среди продуктов перегонки смолы, известной под названием «драконова кровь». Позднее стирол был получен путем термического разложения медной соли коричной кислоты и осторожным декарбоксилированием самой коричной кислоты. В 1866—1868 гг. Бертло получил стирол несколькими путями: пиролизом этилбензола, высокотемпературным синтезом из смеси бензола с этиленом либо ацетиленом, а также полимеризацией ацетилена.

В настоящее время технический стирол получают путем:

1) дегидрогенизации этилбензола:



2) метатезисом этилена со стильбеном:

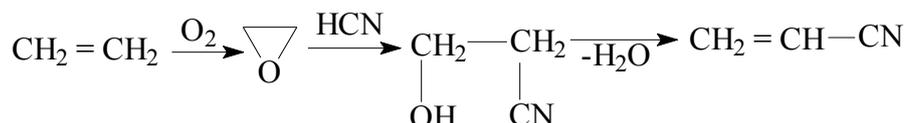


АКРИЛОНИТРИЛ

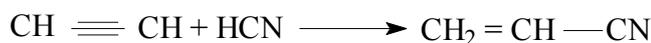
Акрилонитрил впервые был получен в 1893 г дегидратацией оксидом фосфора этиленциангидрина. Промышленное использование началось в 1930г., когда был получен стойкий к химическим воздействиям каучук.

В настоящее время существует шесть промышленных методов получения акрилонитрила:

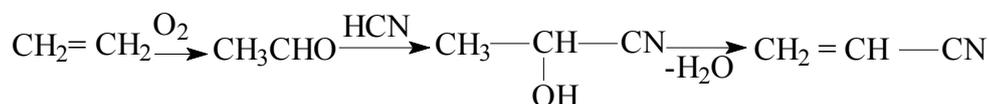
1) из этилена через окись этилена и этиленциангидрин:



2) из ацетилена и синильной кислоты:



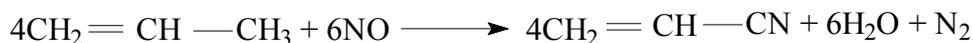
3) из этилена через ацетальдегид и гидроксинитрил:



4) окислительным аммонолизом пропилена:



5) из пропилена и оксида азота (II):



б) окислительным аммонолизом пропана:



АКРИЛОВАЯ КИСЛОТА

Впервые акриловая (пропеновая, этиленкарбоновая) кислота была получена Редтенбахером в 1843 г., который окислил акролеин и его производные оксидом серебра, затем А.М. Бутлеровым в 1860 г. путем реакции иодоформа с этилатом натрия. В 1862 г. эту кислоту синтезировал Ф.Ф. Бейльштейн дегидроиодированием β-иодпропионовой и

дегидратированием β -гидроксипропионовой кислот. Полимеризация акриловой кислоты была описана лишь 10 лет спустя Линнеманом.

В промышленности реализуются следующие способы получения акриловой кислоты:

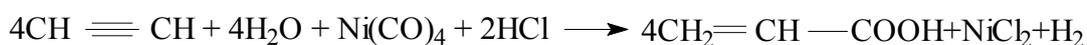
1. Гидролиз этиленциангида (этот способ особенно широко использовался в Германии и США в годы Первой мировой войны)



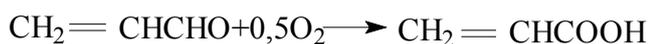
2. Гидролиз акрилонитрила



3. Гидрокарбокислирование ацетилена



4. Парофазное окисление пропилена



5. Окислительное карбонилирование этилена



АКРИЛАТЫ

Метилакрилат и этилакрилат впервые были получены в 1873 г. Каспари и Толлинсом путём отщепления брома от соответствующего эфира α , β -дибромпропионовой кислоты цинком. Производство метилакрилата из этилена через этиленхлоргидрин и переработка мономера в пластмассы основывались на работе Рёма и были начаты в Германии в 1927 г., а спустя 4 года и в США.

В промышленности акрилаты получают:

1) взаимодействием акриловой кислоты с олефинами:



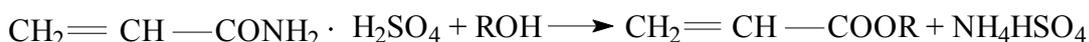
2) переэтерификацией в присутствии ионообменных смол. В промышленности реализованы процессы переэтерификации метилакрилата бутанолом, гептиловым, нониловым спиртами с получением соответствующих сложных эфиров. В качестве катализатора используют катионит КУ-2:



3) из ацетилена по реакции Реппе:



4) из акрилонитрила:

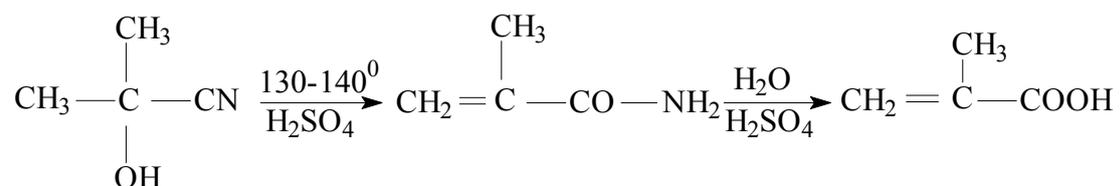


МЕТАКРИЛОВАЯ КИСЛОТА

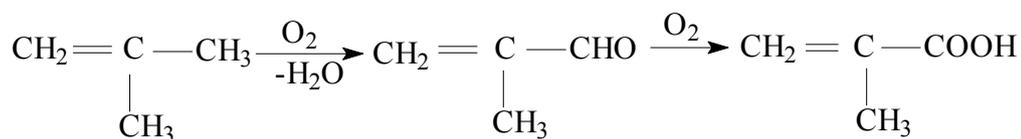
Метакриловая кислота была получена в 1865 г. Франкландом и Дюппа омылением эфира, получающегося в результате отщепления воды от этилового эфира α - оксиизомазляной кислоты. Фиттиг и его ученики получили её в 1880 г. из α - бромизомазляной кислоты действием гидроокиси бария. Получение метакриловой кислоты из ацетилциангидрина было описано в 1932 году.

В настоящее время метакриловую кислоту получают в промышленности:

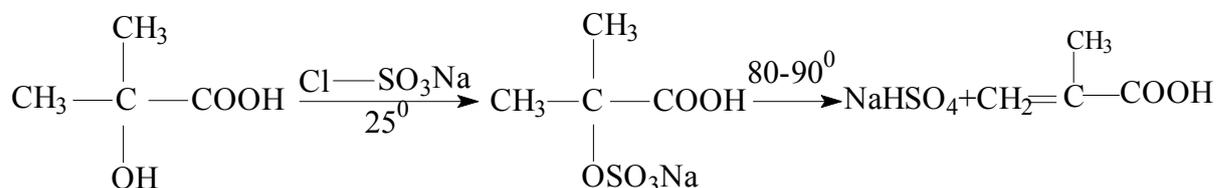
1) через промежуточное образование ацетонциангидрина:



2) газофазным окислением изобутилена. Синтез осуществляют в две стадии: сначала изобутилен окисляют до метакролеина, который затем при дальнейшем окислении переходит в метакриловую кислоту:



3) из α -оксиизомазляной кислоты:



МЕТАКРИЛАТЫ

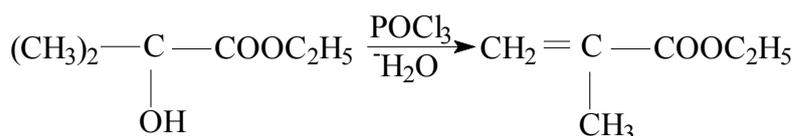
Из эфиров метакриловой кислоты наиболее важным с технической точки зрения является метиловый эфир, или метилметакрилат. Впервые его получили в 1924 г. Барбье и Сякиер из метилового эфира α -аминоизомазляной кислоты. Этиловый эфир получен в 1865 г. Франкайдом и Дюппа из соответствующего эфира α -оксиизомазляной кислоты путем дегидратации. Полимеризацию метилакрилатов описали Фиттиг и Пауль в конце прошлого века, а заслуга применения этих мономеров для получения пластиков принадлежит Рёму.

В промышленности метакрилаты производят:

1) «ацетон-циангидринным» методом:



2) дегидратацией эфиров α -оксиизомазляной кислоты:



3) этерификацией олефинами:



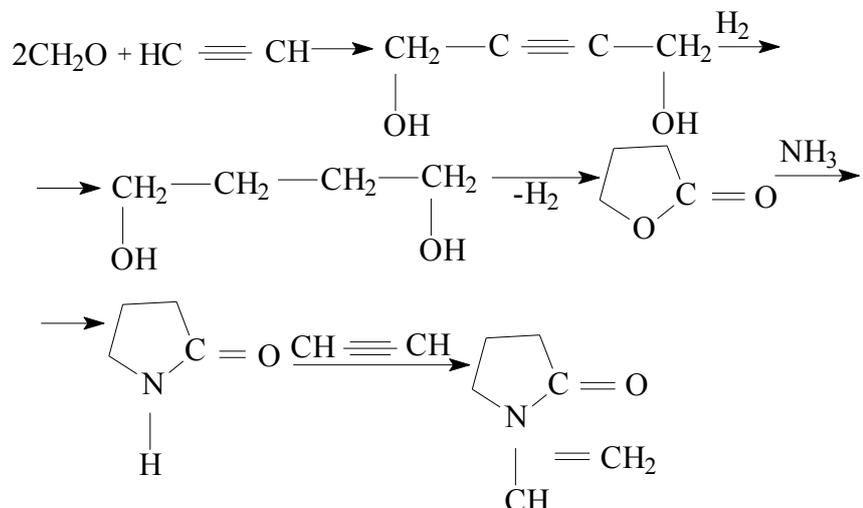
N-ВИНИЛПИРРОЛИДОН

Производство N-винилпирролидона было начато в Германии в 1942 г., а

несколько позднее во Франции и в США.

В настоящее время в промышленности используется метод винилирования α -пирролидона ацетиленом.

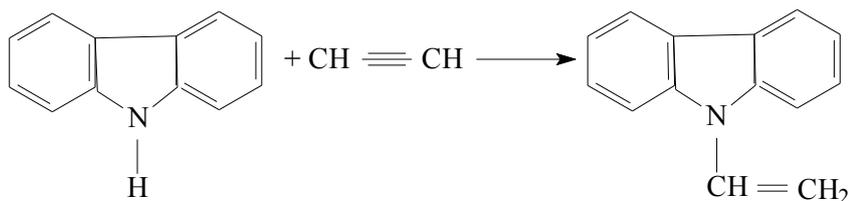
Процесс состоит из пяти стадий:



N-ВИНИЛКАРБАЗОЛ

N-винилкарбазол был получен впервые в 1924 г. Технически доступным продуктом для производства полимера он стал только тогда, когда овладели способами винилирования при помощи ацетилена. Начало промышленного производства мономерного N-винилкарбазола и его полимеризация на заводах концерна ИГ Фарбениндустри в Людвигсгафене относится к первым годам второй мировой войны. В 1937 г. Реппе разработал метод синтеза N-винилкарбазола.

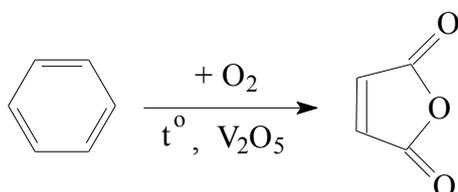
В настоящее время в промышленности N-винилкарбазол получают прямым винилированием ацетиленом.



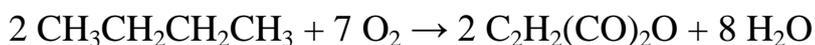
МАЛЕИНОВЫЙ АНГИДРИД

Впервые малеиновый ангидрид был получен Аншютцем в 1881 году путем сухой перегонки яблочной кислоты. Позднее Перкин синтезировал его обработкой яблочной кислоты хлорангидридом уксусной кислоты.

В 1919 году Вайс и Даун предложили новый метод получения малеинового ангидрида каталитическим окислением бензола. Далее этот метод в более усовершенствованном варианте нашел промышленное применение. До середины XX века промышленное производство малеинового ангидрида основывалось исключительно на контактном окислении бензола:



Разработаны и более прогрессивные методы получения малеинового ангидрида путем каталитического окисления фракции C₄—C₅. Разработан промышленный метод получения его каталитическим окислением бутиленовой фракции:

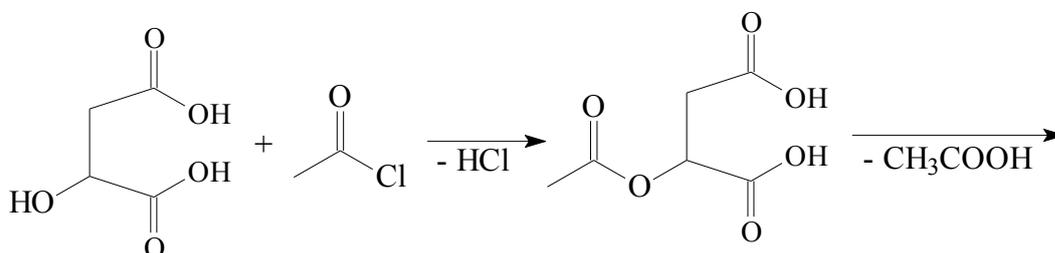


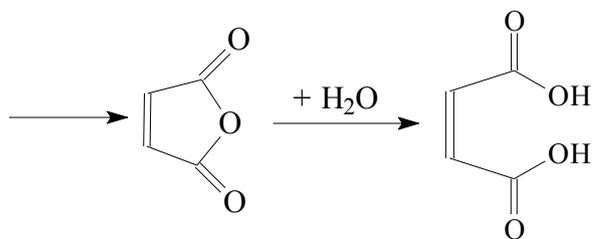
Ряд фирм США, Японии и европейских стран производят малеиновый ангидрид, используя в качестве исходного сырья углеводородную фракцию C₄—C₅.

МАЛЕИНОВАЯ КИСЛОТА

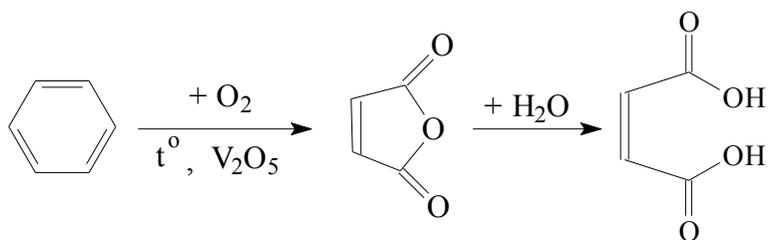
(цис-2-бутен-1,4-дикарбоновая кислота)

Малеиновая кислота впервые была получена Лассэнем в 1819 г. перегонкой яблочной кислоты. По Перкину (1881 г.), для ее получения яблочную кислоту обрабатывают ацетилхлоридом, получая ацетил-яблочный ангидрид, который разлагается с образованием уксусной кислоты и малеинового ангидрида, гидратацией которого получают малеиновую кислоту. Общая схема процесса:





В промышленности малеиновую кислоту производят гидролизом малеинового ангидрида, который получают каталитическим окислением бензола, по схеме:



Малеиновая кислота в природе не найдена.

ФУМАРОВАЯ КИСЛОТА

(транс-2-бутен-1,4-дикарбоновая кислота)

Впервые фумаровая кислота была выделена в 1832 году из растения *Fumaria officinalis* L. (дымянка аптечная). Затем синтетически была получена из янтарной кислоты.

В настоящее время промышленный синтез фумаровой кислоты осуществляется путем каталитической изомеризации малеиновой кислоты в водных растворах.

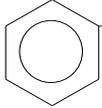
Фумаровая кислота содержится во многих растениях; особенно часто она встречается в грибах. Кроме того, фумаровая кислота получается особым брожением сахаристых веществ под действием *Aspergillus fumigatus*.

Таблица 1

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОНОМЕРОВ

№	Название мономера, формула	Наименование показателя	Значение
1	2	3	4
1	Этилен $\text{CH}_2=\text{CH}_2$	Внешний вид	Бесцвет газ со слабым запахом
		$t_{\text{кип.}}^{\circ\text{C}}$	-103,7
		$t_{\text{пл.}}^{\circ\text{C}}$	-169,15

Продолжение табл. 1

1	2	3	4
2	Пропилен $\text{CH}_2 = \text{CHCH}_3$	Внешний вид	Бесцветный газ со слабым запахом
		$t_{\text{кип.}}, ^\circ\text{C}$	-47,7
		$t_{\text{пл.}}, ^\circ\text{C}$	-187,65
3	Бутадиен $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$	Внешний вид	Бесцветный газ с характерным запахом
		$t_{\text{кип.}}, ^\circ\text{C}$	-4,5
		$t_{\text{пл.}}, ^\circ\text{C}$	-108,9
4	Изопрен $\text{CH}_2 = \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH} = \text{CH}_2$	Внешний вид	Бесцветная жидкость
		$t_{\text{кип.}}, ^\circ\text{C}$	34,067
		$t_{\text{пл.}}, ^\circ\text{C}$	-145,95
		$\rho, \text{г/см}^3 (20^\circ\text{C})$	0,681
5	Хлоропрен $\text{CH}_2 = \underset{\text{Cl}}{\text{C}} - \text{CH} = \text{CH}_2$	Внешний вид	Бесцветная жидкость
		$t_{\text{кип.}}, ^\circ\text{C}$	59,4
		$t_{\text{пл.}}, ^\circ\text{C}$	-130
		$\rho, \text{г/см}^3 (20^\circ\text{C})$	0,9598
6	Тetraфторэтилен $\text{CF}_2 = \text{CF}_2$	Внешний вид	Бесцветный газ без запаха
		$t_{\text{кип.}}, ^\circ\text{C}$	-76,3
		$t_{\text{пл.}}, ^\circ\text{C}$	-131,15
7	Стирол  $-\text{CH} = \text{CH}_2$	Внешний вид	Бесцветная жидкость с резким запахом
		$t_{\text{кип.}}$	145°C
		$t_{\text{пл.}}$	$-30,6^\circ\text{C}$
		$\rho, \text{г/см}^3 (20^\circ\text{C})$	0,909
8	Акрилонитрил $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CN}$	Внешний вид	Бесцветная жидкость с резким запахом
		$t_{\text{кип.}}, ^\circ\text{C}$	7,3
		$t_{\text{пл.}}, ^\circ\text{C}$	-83,55
		$\rho, \text{г/см}^3 (20^\circ\text{C})$	0,806
9	Акриловая кислота $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{COOH}$	Внешний вид	Бесцветная жидкость с резким запахом
		$t_{\text{кип.}}, ^\circ\text{C}$	140,9-141,6
		$t_{\text{пл.}}, ^\circ\text{C}$	12-13,5
		$\rho, \text{г/см}^3 (20^\circ\text{C})$	1,049

1	2	3	4
10	Сложные эфиры акриловой кислоты (акрилаты) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOR}$ а) метилакрилат	Внешний вид	Бесцветная жидкость с резким запахом
		$t_{\text{кип.}}, ^\circ\text{C}$	80,5
		$t_{\text{пл.}}, ^\circ\text{C}$	-76,5
		$\rho, \text{г/см}^3 (20^\circ\text{C})$	0,9561
	б) этилакрилат	Внешний вид	Бесцветная жидкость с резким запахом
		$t_{\text{кип.}}, ^\circ\text{C}$	99,4
		$t_{\text{пл.}}, ^\circ\text{C}$	-71,9
		$\rho, \text{г/см}^3 (20^\circ\text{C})$	0,9234
	в) бутилакрилат	Внешний вид	Бесцветная жидкость с резким запахом
		$t_{\text{кип.}}, ^\circ\text{C}$	145,0
		$t_{\text{пл.}}, ^\circ\text{C}$	-64,6
		$\rho, \text{г/см}^3 (20^\circ\text{C})$	0,8898
11	Метакриловая кислота $\text{CH}_2=\text{C}-(\text{CH}_3)-\text{COOH}$	Внешний вид	Бесцветная жидкость с острым раздражающим запахом
		$t_{\text{кип.}}, ^\circ\text{C}$	161-162
		$t_{\text{пл.}}, ^\circ\text{C}$	16
		$\rho, \text{г/см}^3 (20^\circ\text{C})$	1,0153
12	Сложные эфиры метакриловой кислоты (метакрилаты) $\text{CH}_2=\text{C}-(\text{CH}_3)-\text{COOR}$ а) метилметакрилат	Внешний вид	Бесцветная жидкость
		$t_{\text{кип.}}, ^\circ\text{C}$	100,3
		$t_{\text{пл.}}, ^\circ\text{C}$	-48
		$\rho, \text{г/см}^3 (20^\circ\text{C})$	0,936
	б) этилметакрилат	Внешний вид	Бесцветная жидкость
		$t_{\text{кип.}}, ^\circ\text{C}$	117
		$t_{\text{пл.}}, ^\circ\text{C}$	< -75
		$\rho, \text{г/см}^3 (20^\circ\text{C})$	0,9135
	в) бутилметакрилат	Внешний вид	Бесцветная жидкость
		$t_{\text{кип.}}, ^\circ\text{C}$	160
		$t_{\text{пл.}}, ^\circ\text{C}$	-75
		$\rho, \text{г/см}^3 (20^\circ\text{C})$	0,8936

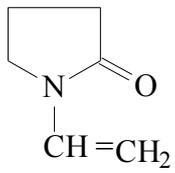
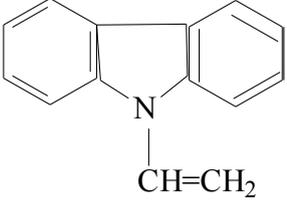
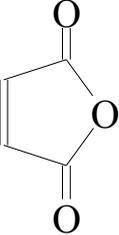
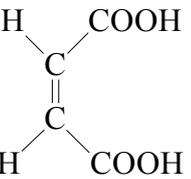
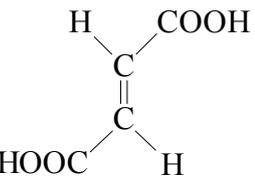
1	2	3	4
13	N-Винилпирролидон (1-Винил-2-пирролидон) 	Внешний вид	Бесцветная жидкость
		$t_{\text{кип.}}, ^\circ\text{C}/\text{мм рт.ст.}$	65-66 /1,5
		$t_{\text{пл.}}, ^\circ\text{C}$	-
		$\rho, \text{г/см}^3 (20^\circ\text{C})$	1,0458
14	N-Винилкарбазол 	Внешний вид	Кристаллическое вещество
		$t_{\text{кип.}}, ^\circ\text{C}/\text{мм рт.ст.}$	110 /1,0
		$t_{\text{пл.}}, ^\circ\text{C}$	67
		$\rho, \text{г/см}^3 (20^\circ\text{C})$	-
15	Малеиновый ангидрид, 2,5-фурандион 	Внешний вид	Бесцветные кристаллы с ромбической решеткой
		$t_{\text{кип.}}, ^\circ\text{C}/\text{мм рт.ст.}$	202 (122 /10)
		$t_{\text{плав}}, ^\circ\text{C}$	53
		$\rho, \text{г/см}^3 (20^\circ\text{C})$	0,934
16	Малеиновая кислота, цис-2-бутен-1,4- дикарбоновая кислота 	Внешний вид	Бесцветные кристаллы
		$t_{\text{кип.}}, ^\circ\text{C}$	160
		$t_{\text{плав}}, ^\circ\text{C}$	131 (в запаянной ампуле)
		$\rho, \text{г/см}^3 (20^\circ\text{C})$	1,590 (состояние вещества – кристаллы)
17	Фумаровая кислота, транс-2-бутен-1,4- дикарбоновая кислота 	Внешний вид	Бесцветные кристаллы
		$t_{\text{кип.}}$	290 $^\circ\text{C}$ (при 165 $^\circ\text{C}$ и 1,7 мм рт.ст. возгоняется)
		$t_{\text{плав.}}$	287 $^\circ\text{C}$ (в запаянной ампуле)
		$\rho, \text{г/см}^3 (20^\circ\text{C})$	1,635

Таблица 2

ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Название мономера	Промышленное производство в РФ, предприятия
1	2
1. Этилен	ОАО «Казаньоргсинтез», 420051, г. Казань, ул. Беломорская, д.101

1	2
	<p>«Газпромнефтехим Салават», 453256, г. Салават, ул. Молодогвардейцев, д. 30 ОАО«Уфаоргсинтез»,450037,г.Уфа,заводоуправление, ком.72 ОАО «Уфанефтехим», 450045, г. Уфа, ул. Зеленая Роща, д. 38, корп. 1. ОАО УНПЗ, 450029, г. Уфа, ул. Ульяновых, д. 74 ОАО НК «Роснефть», 117997, Москва, Софийская набережная, д. 26А «Газпромнефтехим Салават», 453256, г. Салават, ул. Молодогвардейцев, д. 30 ОАО«Уфаоргсинтез»,450037, г.Уфа, заводууправление, ком. 72 ОАО «Уфанефтехим», 450045, г. Уфа, ул. Зеленая Роща, д. 38, корп. 1. ОАО УНПЗ, 450029, г, Уфа, ул. Ульяновых, д. 74 ОАО «НК «Роснефть», 117997, Москва, Софийская набережная, д. 26А</p>
2. Пропилен	<p>ОАО«Казаньоргсинтез»,420051,г.Казань, ул. Беломорская, д. 101 «Газпромнефтехим Салават», 453256, г. Салават, улица Молодогвардейцев, д. 30 ОАО«Уфаоргсинтез»,450037 г.Уфа, заводууправление, ком. 72 ОАО «Уфанефтехим», 450045, г. Уфа, ул. Зеленая Роща, д. 38, корп. 1. ОАО УНПЗ, 450029, г Уфа, ул. Ульяновых, д. 74 ОАО «НК «Роснефть», 117997, Москва, Софийская набережная, д. 26А</p>
3. Бутадиен	<p>ООО «Тобольск-Нефтехим», 626150, г. Тобольск, Промзона. ОАО «Нижнекамскнефтехим», 423574, г. Нижнекамск, Промзона НКНХ</p>
4. Изопрен	<p>ОАО «Нижнекамскнефтехим», 423574,г. Нижнекамск, Промзона НКНХ</p>
5. Хлоропрен	<p>ООО «Наирит», 115191, г. Москва, ул. Серпуховский Вал, дом 8, офис 121</p>
6. Тетрафторэтилен	<p>ОАО «Галоген»,111033,Москва,ул.Электродная, д.10, оф.509</p>
7. Стирол	<p>«Газпром нефтехим Салават», 453256, г. Салават, ул. Молодогвардейцев, д. 30</p>
8. Акрилонитрил	<p>ООО «Саратоворгсинтез», 410059, г.Саратов, пл. Советско-Чехословацкой дружбы, д.1</p>

1	2
9. Акриловая кислота	ОАО«Акрилат», Нижегородская область, г.Дзержинск, Восточная промзона
10.Сложные эфиры акриловой кислоты	ОАО«Акрилат», Нижегородская область, г.Дзержинск, Восточная промзона ЗАО «Лукойл-Нефтехим», 115035, г. Москва, ул.Б.Ордынка,3 ООО «Саратоворгсинтез», 410059, г.Саратов, пл. Советско-Чехословацкой дружбы, д.1
11. Метакриловая кислота	ОАО«Акрилат», Нижегородская область, г.Дзержинск, Восточная промзона
12.Сложные эфиры метакриловой кислоты	ОАО«Акрилат», Нижегородская область, г.Дзержинск, Восточная промзона ОАО «Сибурнефтехим», 606029, г. Дзержинск Нижегородская область, ул. Гайдара, д. 75
13. N-Винилпирролидон	ОАО «Новочеркасский завод синтетических продуктов» 346416, Ростовская обл., г. Новочеркасск, Харьковское шоссе, д. 10
14. N-Винилкарбазол	ОАО «Новочеркасский завод синтетических продуктов» 346416, Ростовская обл., г. Новочеркасск, Харьковское шоссе, д. 10
15.Малеиновый ангидрид	ЗАО «Бобровский экспериментальный завод», г. Екатеринбург, +7 (343) 384-73-73 Группа Компаний ВитаХим, г. Дзержинск, пр. Победы, д. 8 ООО Компания ОКАХИМ, г. Нижн. Новгород, ул. Ракетная, д. 9 ООО «Универхим»,г.Челябинск, ул. Монтажников, д.12
16.Малеиновая кислота	Комп.«Кондор»–Официальный дилер «Опытно-промышленный нефтемаслозавод», г.Санкт-Петербург, пр. Светлановский, 2 ООО Универхим, г. Челябинск, ул. Монтажников, д.12 ООО БашНИПИстрой, г. Уфа, +7 (917) 429-05-80 Камская химическая компания, г.Пермь, ул. Лядовская, д.133 А
17.Фумаровая кислота	ООО "Тандем-индустрия", г. Курск, +7(4712) 54-59-40 ООО «Балтпромкомплект», Нижний Новгород, Московское шоссе, д. 105 ООО БашНИПИстрой, г. Уфа, +7 (917) 429-05-80 ЗАО УралБашХим, Уфа, ул. Мира, д. 14

ЛАБОРАТОРНЫЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ МОНОМЕРОВ

Название мономера	Реакция
1	2
1. Этилен	<p>1. Реакция элиминирования:</p> <p>а) дегидрогалогенирование алкилгалогенидов</p> $\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ \text{H}-\text{C}- & \text{CH} \\ & \\ \text{H} & \text{Hal} \end{array} + \text{KOH} \xrightarrow[\text{(спирт)}]{t^0} \begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ \text{H}-\text{C} = & \text{C}-\text{H} \end{array} + \text{KHal} + \text{H}_2\text{O}$ <p>б) элиминирование вицинальных дигалогенидов алканов</p> $\text{CH}_3-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}_2} \xrightarrow{\text{Zn, Mg}} \text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{ZnCl}_2$
2. Пропилен	<p>1. Реакция элиминирования спиртов</p> $\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ \text{H}-\text{C}- & \text{C}-\text{H} \\ & \\ \text{H} & \text{OH} \end{array} \xrightarrow{\text{H}^+, t^0} \begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ \text{H}-\text{C} = & \text{C}-\text{H} \end{array} + \text{H}_2\text{O}$
3. Бутадиен	<p>1. Пиролитическое разложение циклогексена</p> $\text{C}_6\text{H}_{10} \xrightarrow{\text{Ni, Fe, Cr, } t^0\text{C}} \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{C}_2\text{H}_4$ <p>2. Дегидратация бутандиола – 1,3</p> $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ & \\ \text{OH} & \text{OH} \end{array} \xrightarrow{\text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_3\text{H}} \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
4. Изопрен	<p>1 Реакция расщепления по Гофману</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{C}_4\text{H}_8\text{N} \\ \\ \text{H} \end{array} + 2\text{CH}_3\text{J} \longrightarrow \left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{C}_4\text{H}_7\text{N}^+ \\ & \\ \text{CH}_3 & \text{CH}_3 \end{array} \right] \text{J} + \text{HJ} +$ $+ \text{KOH} \xrightarrow{-\text{KJ}, -\text{H}_2\text{O}} \begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} = \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \\ & \\ \text{CH}_3 & \text{N}(\text{CH}_3)_2 \end{array} \xrightarrow{+\text{CH}_3\text{J}}$ $\longrightarrow \left[\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} = \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \\ & \\ \text{CH}_3 & \text{N}^+(\text{CH}_3)_3 \end{array} \right] \text{J} + \text{KOH} \xrightarrow{-\text{KJ}, -\text{H}_2\text{O}}$

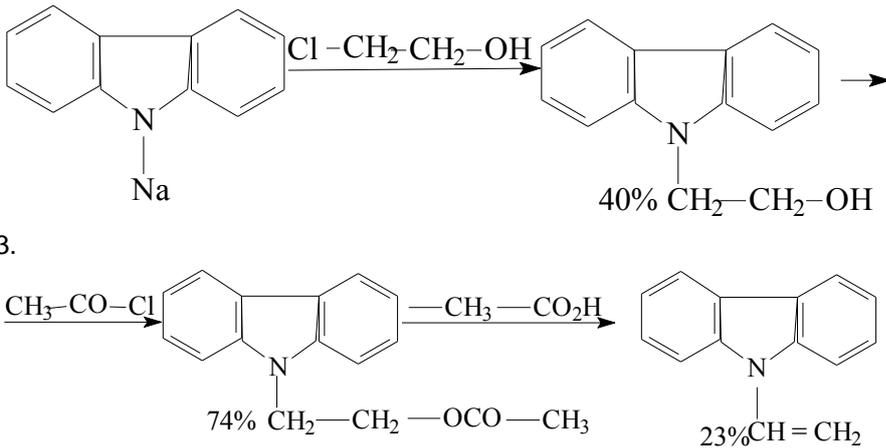
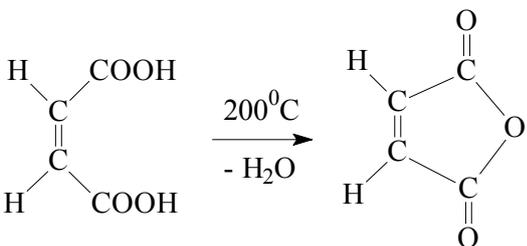
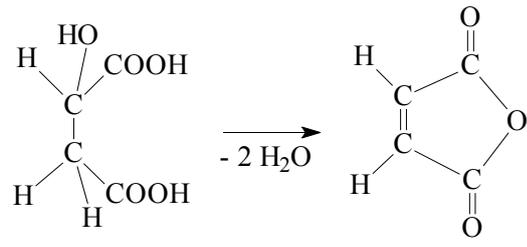
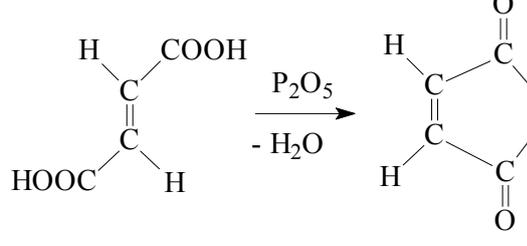
1	2
	$\longrightarrow \text{H}_2\text{C} = \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH} = \text{CH}_2 + \text{N}(\text{CH}_3)_3$
5. Хлоропрен	<p>Две стадии:</p> <p>1. Получение винилацетилена</p> $2\text{CH} \equiv \text{CH} \xrightarrow{50^\circ\text{C}} \text{CH}_2 = \text{CH} - \text{C} \equiv \text{CH}$ <p>2. Гидрогалогенирование</p> $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{C} \equiv \text{CH} + \text{HCl} \longrightarrow$ $\longrightarrow \text{CH}_2 = \underset{\text{Cl}}{\text{CH}} - \text{C} = \text{CH}_2$
6. Тетрафторэтилен	<p>2 способа:</p> <p>1. Обработка тетрафтордихлорэтана цинком (спиртовый раствор)</p> $\text{F} - \underset{\text{Cl}}{\underset{\text{F}}{\text{C}}} - \underset{\text{Cl}}{\underset{\text{F}}{\text{C}}} - \text{F} \xrightarrow{\text{Zn}} \text{CF}_2 = \text{CF}_2 + \text{ZnCl}_2$ <p>2. Пиролизное разложение дифторметилхлорида</p> $2\text{CHF}_2\text{Cl} \xrightarrow{700^\circ\text{C}} \text{CF}_2 = \text{CF}_2 + 2\text{HCl}$
7. Стирол	$\text{CH}_3 - \text{CHO} + \text{HOOC}_2\text{H}_5 + \text{HCl} \longrightarrow \text{CH}_3 - \text{CH} \begin{matrix} \text{OC}_2\text{H}_5 \\ \text{Cl} \end{matrix} + \frac{\text{Br}_2}{-\text{HCl}} \longrightarrow$ $\longrightarrow \underset{\text{Br}}{\text{CH}_2} - \text{CH} \begin{matrix} \text{OC}_2\text{H}_5 \\ \text{Br} \end{matrix} \xrightarrow{\text{C}_6\text{H}_5\text{MgBr}} \underset{\text{Br}}{\text{CH}_2} - \underset{\text{OC}_2\text{H}_5}{\text{CH}} - \text{C}_6\text{H}_5 \xrightarrow{\text{Zn/Cu}} \longrightarrow$ $\longrightarrow \text{CH}_2 = \text{CH} - \text{C}_6\text{H}_5$
8. Акрилонитрил (2 способа:)	<p>1. $\text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{Cl} \xrightarrow{\text{KCN}} \text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CN} \longrightarrow$</p> $\xrightarrow[230^\circ\text{C}]{[\text{NaHSO}_4]} \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CN}$ <p>2. $\text{CH}_2 - \text{CH}_2 + \text{HCN} \longrightarrow \text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CN}$</p> $\begin{matrix} \diagdown & \diagup \\ & \text{O} \end{matrix}$ $\xrightarrow[\text{перегонка}]{[\text{Sn}]} \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CN}$

1	2
9.Акриловая кислота	<p>1. Синтез из акрилата свинца</p> $(\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CO}_2)_2\text{Pb} + \text{H}_2\text{S} \xrightarrow{170^\circ} \text{PbS} + 2\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CO}_2\text{H}$ <p style="text-align: center;">Акрилат свинца 68% Акриловая кислота</p> $\text{CH}_2 = \text{CHCOOCH}_3 + \text{HCOOH} \xrightleftharpoons{\text{H}^+} \text{CH}_2 = \text{CHCOOH} + \text{HCOOCH}_3$ <p>2. Из этиленциангидрина</p> $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CN} + \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{CH}_2 = \text{CHCOOH} + (\text{NH}_4)\text{HSO}_4$ <p>3. Окисление акролеина</p> $\text{CH}_2 = \text{CHCHO} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \longrightarrow \text{CH}_2 = \text{CHCOOH}$ <p>4. Из β-галлоидпропионовых кислот</p> $\text{XCH}_2\text{CH}_2\text{COOH} \longrightarrow \text{CH}_2 = \text{CHCOOH} + \text{HX} \text{ (X - галоид)}$ <p>5. Из α,β-дигалоидпропионовой кислоты</p> $\text{CH}_2\text{BrCHBrCOOH} + \text{Zn} \longrightarrow \text{CH}_2 = \text{CHCOOH} + \text{ZnBr}_2$ <p>6. Пиролизом акриловых эфиров</p> $\text{CH}_2 = \text{CHCOOCH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3 \longrightarrow \text{CH}_2 = \text{CHCOOH} + \text{CH}_3\text{CH} = \text{CHCH}_3$ <p>7. Из ацетилена</p> $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O} + \frac{1}{2} \text{HCl}(\text{водн.}) + \frac{1}{4} \text{Ni}(\text{CO})_4 \longrightarrow \text{CH}_2 = \text{CHCOOH} + \frac{1}{4} \text{NiCl}_2(\text{водн.}) + \frac{1}{4} \text{H}_2$ <p>8. Из этилена</p> $\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{CH}_2 = \text{CHCOOH}$ <p>9. Из β-алкоксипропионовых кислот</p> $\text{ROCH}_2\text{CH}_2\text{COOH} \longrightarrow \text{CH}_2 = \text{CHCOOH} + \text{RON}$
10. Сложные эфиры акриловой кислоты	<p>1. Из эфиров β-галлоидпропионовой кислоты</p> $\text{XCH}_2\text{CH}_2\text{COOR} \longrightarrow \text{CH}_2 = \text{CHCOOR} + \text{HX} \text{ (X - галоид)}$ <p>2. Из эфиров α, β-дигалоидпропионовой кислоты</p> $\text{CH}_2\text{BrCHBrCOOR} + \text{Zn} \longrightarrow \text{CH}_2 = \text{CHCOOR} + \text{ZnBr}_2$ <p>3. Этерификацией акриловой кислоты</p> $\text{CH}_2 = \text{CHCOOH} + \text{RON} \xrightleftharpoons[\text{-H}_2\text{O}]{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{CH}_2 = \text{CHCOOR}$

1	2
	<p>4. Из эфиров β-оксипропионовой кислоты</p> $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{COOR} \longrightarrow \text{CH}_2 = \text{CHCOOR} + \text{H}_2\text{O}$ <p>5. Из эфиров β-алкоксипропионовой кислоты</p> $\text{R}'\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{COOR} \longrightarrow \text{CH}_2 = \text{CHCOOR} + \text{R}'\text{OH}$ <p>6. Из этиленциангидрина</p> $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CN} + \text{ROH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{CH}_2 = \text{CHCOOR} + (\text{NH}_4)\text{HSO}_4$ <p>7. Из хлорангида акриловой кислоты</p> $\text{CH}_2 = \text{CHCOCl} + \text{ROH} \longrightarrow \text{CH}_2 = \text{CHCOOR} + \text{HCl}$ <p>8. Из солей акриловой кислоты</p> $\text{CH}_2 = \text{CHCOONa} + \text{RCHBrCOR}' \xrightarrow{-\text{NaBr}} \text{CH}_2 = \text{CHCOOCH(R)COR}'$ <p>9. Из ацетилен</p> $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{ROH} + \frac{1}{4} \text{Ni}(\text{CO})_4 + \frac{1}{2} \text{HCl} \longrightarrow \text{CH}_2 = \text{CHCOOR} + \frac{1}{4} \text{NiCl}_2 + \frac{1}{4} \text{H}_2$ <p>10. Из β-пропиолактона</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CO} \\ \qquad \\ \text{CH}_2 - \text{O} \end{array} + \text{ROH} \longrightarrow \text{CH}_2 = \text{CHCOOR} + \text{H}_2\text{O}$ <p>11. Из эфиров α-ацетоксипропионовой кислоты</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CHCOOR} \\ \\ \text{OCOCH}_3 \end{array} \longrightarrow \text{CH}_2 = \text{CHCOOR} + \text{CH}_3\text{COOH}$ <p>12. Переэтерификация метилакрилата</p> $\text{CH}_2 = \text{CHCOOCH}_3 + \text{ROH} \longrightarrow \text{CH}_2 = \text{CHCOOR} + \text{CH}_3\text{OH}$ <hr/>

1	2
11.Метакриловая кислота	<p>1. Из β-бромизомасляной кислоты</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CO}_2\text{H} \\ \\ \text{Br} \end{array} \xrightarrow[-\text{HBr}]{[\text{NaOH}]} \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 = \text{C} - \text{CO}_2\text{Na} \end{array} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4}$ $\longrightarrow \begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 = \text{C} - \text{CO}_2\text{H} \end{array} + \text{Полимер}$ <p style="text-align: center;">75% 8,6%</p> <p>2. Окислением изопропенилметилкетона</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 = \text{C} - \text{CO} - \text{CH}_3 \end{array} \xrightarrow[20^0]{\text{NaOCl}} \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 = \text{C} - \text{CO}_2\text{Na} \end{array} + \text{CHCl}_3$ <p style="text-align: center;">41%</p> <p>3. Пиролиз эфиров метакриловой кислоты</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 = \text{C} - \text{COOCH}_2 - \text{CH}_3 \end{array} \xrightarrow{500-580^0} \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 = \text{C} - \text{CO}_2\text{H} \end{array} + \text{CH}_2 = \text{CH}_2$
12. Сложные эфиры метакриловой кислоты	<p>1.Этерификация спиртами в присутствии серной кислоты</p> $\text{CH}_2 = \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{COOH} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4}$ $\text{CH}_2 = \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{COO} - \text{CH}_2\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ <p>2. Переэтерификация</p> $\text{CH}_2 = \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{COOR} + \text{R}'\text{OH} \xrightarrow{\text{H}^+} \text{CH}_2 = \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{COOR}' + \text{ROH}$ <p>3. Из метакрилонитрила</p> $\text{CH}_2 = \text{C}(\text{CH}_3) - \text{CN} + \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{CH}_2 = \text{C}(\text{CH}_3) - \text{CONH}_2 - \text{H}_2\text{SO}_4$ $\text{CH}_2 = \text{C}(\text{CH}_3) - \text{CONH}_2 - \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{ROH} \longrightarrow \text{CH}_2 = \text{C}(\text{CH}_3) - \text{COOR} + \text{NH}_4\text{HSO}_4$

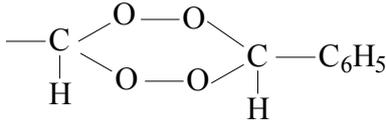
1	2
<p>13. N-Винилпирролидон (1-Винил-2-пирролидон)</p>	<p> $\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH} \xrightarrow{180-190^\circ} \text{CH}=\text{CH}_2$ $\text{SOCl}_2 \text{ в бензоле} \rightarrow \text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-Cl}$ $\text{KOH} \rightarrow \text{KJ в ацетоне} \rightarrow \text{N(CH}_3)_3$ $\text{Ag}_2\text{O в CH}_3\text{OH, затем перегонка} \rightarrow \text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-N}^+(\text{CH}_3)_3\text{J}^-$ четвертичный иодид </p>
<p>14. N-Винилкарбазол</p>	<p>1.</p> <p> $\text{CH}_3\text{-C}_6\text{H}_4\text{-SO}_2\text{O-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Cl} \xrightarrow[50-60^\circ]{[\text{NaOH}]} \text{CH}=\text{CH}_2$ $-\text{HCl}$ </p> <p>2.</p> <p> $\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH} \xrightarrow{\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-O}} \text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{CH}=\text{CH}_2$ </p>

1	2
	 <p>3.</p>
15.Малеиновый ангидрид	<p>1. Дегидратация путём нагревания малеиновой кислоты:</p>  <p>Реакция осуществляется при нагревании в вакууме.</p> <p>2. Сухая перегонка (дегидратация) яблочной кислоты:</p>  <p>Имеет скорее историческое значение.</p> <p>3. Дегидратация фумаровой кислоты:</p> 

1	2
<p>16.Малеиновая кислота</p>	<p>1. Нагревание (дегидратация) яблочной кислоты:</p> $ \begin{array}{ccc} \begin{array}{c} \text{HO} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{H} \end{array} & \xrightarrow{-\text{H}_2\text{O}} & \begin{array}{c} \text{H}-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{COOH} \end{array} \end{array} $ <p>При медленном, осторожном) нагревании получается главным образом фумаровая кислота, а при более сильном нагревании и при перегонке – малеиновая кислота.</p> <p>2. Гидролиз малеинового ангидрида:</p> $ \begin{array}{ccc} \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}-\text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{C} \quad \text{O} \\ \backslash \quad / \\ \text{H} \quad \text{C} \\ \\ \text{O} \end{array} + \text{H}_2\text{O} & \xrightarrow{\text{HCl}} & \begin{array}{c} \text{H}-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{COOH} \end{array} \end{array} $ <p>3. Изомеризация фумаровой кислоты:</p> $ \begin{array}{ccc} \begin{array}{c} \text{H}-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{HOOC}-\text{C}-\text{H} \end{array} & \xrightarrow{\text{Ультрафиолетовое освещение}} & \begin{array}{c} \text{H}-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{COOH} \end{array} \end{array} $ <p>Тепловой эффект реакции $\Delta H = 22,8$ кДж/моль.</p>
<p>17.Фумаровая кислота</p>	<p>1. Каталитическая изомеризация малеиновой кислоты в водных растворах:</p> $ \begin{array}{ccc} \begin{array}{c} \text{H}-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{COOH} \end{array} & \xrightarrow{\text{kat}} & \begin{array}{c} \text{H}-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{HOOC}-\text{C}-\text{H} \end{array} \end{array} $ <p>2. Катализаторы – тиомочевина, неорганические кислоты. Плохая растворимость фумаровой кислоты позволяет её легко отделять.</p>

1	2
	<p>е) реакция Принса</p> $\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3 + 2 \begin{array}{c} \text{H} \\ \diagup \\ \text{C}=\text{O} \\ \diagdown \\ \text{H} \end{array} \xrightarrow{\text{H}^+} \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \diagup \\ \text{C} \\ \diagdown \\ \text{O} \end{array} \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{O} \end{array}$ <p>2. Полимеризация</p> $n\text{CH}_2=\text{CH}_2 \xrightarrow[240-285^\circ]{P > 1000 \text{ атм}} (-\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n$ $n\text{CH}_2=\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} \xrightarrow{\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3, \text{TiCl}_4, \text{Li}} (-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}})_n$ <p>3. Окисление</p> <p>а) в нейтральной среде</p> $3\text{CH}_2=\text{CH}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{Cr}_2\text{O}_3, \text{OsO}_4} \begin{array}{c} 3\text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array} + 2\text{KOH} + 2\text{MnO}_2$ <p>б) в кислой среде</p> $\text{CH}_2=\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} + 8\text{KMnO}_4 + 12\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ 5\text{CH}_3\text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array} + 5\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{HC} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array} + 8\text{MnSO}_4 + 4\text{K}_2\text{SO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}$ <p>4. Реакции замещения в алкильное положение</p> $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{Cl}_2 \xrightarrow[h\nu]{500^\circ - 600^\circ} \text{ClCH}_2\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{HCl}$
<p>3. Бутадиен 4. Изопрен 5. Хлоропрен</p>	<p>1. Электрофильное присоединение</p> <p>а) гидрирование</p> $\text{CH}_2=\underset{\text{R}}{\text{C}}-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{H}_2 \longrightarrow \begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2 \\ \\ \text{R} \\ \text{1,2-присоединение} \end{array} \quad \text{или} \quad \begin{array}{c} \text{CH}_3-\underset{\text{R}}{\text{C}}=\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{R} \\ \text{1,4-присоединение} \end{array}$ <p>R H, CH₃, Cl</p>

1	2
	<p>2. Реакции присоединения:</p> <p>а) гидрирование</p> $\text{CF}_2 = \text{CF}_2 + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{Pd}} \text{CF}_2\text{HCF}_2\text{H}$ <p style="text-align: center;">1,1,2,2- тетрафторэтан</p> <p>б) галогенирование</p> $\text{CF}_2 = \text{CF}_2 + \text{Br}_2 \xrightarrow{h\nu} \text{CF}_2\text{BrCF}_2\text{Br}$ <p>в) циклодимеризация</p> $2\text{CF}_2 = \text{CF}_2 \xrightarrow{t^0} \begin{array}{c} \text{F} \quad \quad \text{F} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{F} \quad \quad \text{F} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{F} \quad \quad \text{F} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{F} \quad \quad \text{F} \end{array}$ <p style="text-align: center;">октафтор циклобутан</p>
6. Тетрафторэтилен	<p>3. Пиролиз</p> $\text{CF}_2 = \text{CF}_2 + : \text{CF}_2 \xrightleftharpoons{t^0} \text{CF}_3 - \text{CF} = \text{CF}_2$ <p style="text-align: center;">гексафторпропилен</p> <p>4. Сгорание</p> $\text{CF}_2 = \text{CF}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{t^0} \text{CF}_4 + \text{CO}_2$
7. Стирол	<p>1. Реакции присоединения:</p> <p>а) гидрирование</p> $\begin{array}{c} \text{CH} = \text{CH}_2 + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{Ni}} \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \longrightarrow \\ \qquad \qquad \qquad \\ \text{C}_6\text{H}_5 \qquad \qquad \qquad \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$ $\xrightarrow{+3\text{H}_2} \begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_{11} \end{array}$ <p>б) галогенирование</p> $\begin{array}{c} \text{CH} = \text{CH}_2 + \text{Br}_2 \longrightarrow \begin{array}{c} \text{Br} \\ \\ \text{CH} - \text{CH}_2\text{Br} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \end{array}$

1	2
	<p>в) гидрогалогенирование</p> $\begin{array}{c} \text{CH} = \text{CH}_2 + \text{HCl} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$ <p>(правило Марковникова)</p> <p>г). гидратация</p> $\begin{array}{c} \text{CH} = \text{CH}_2 + \text{HOH} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{CH(OH)} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$ <p>(правило Марковникова)</p> <p>г). гидратация</p> $\begin{array}{c} \text{CH} = \text{CH}_2 + \text{HOH} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{CH(OH)} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$ <p>(правило Марковникова)</p> <p>2. Сополимеризация</p> $n \begin{array}{c} \text{---} \text{CH} = \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} + m \text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2 \longrightarrow$ $\longrightarrow \left[\left(\text{---CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 \right)_m \begin{array}{c} \text{CH} - \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \right]_n$ <p>бутадиенстирольный каучук</p> <p>3. Окисление</p> <p>а) $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH} = \text{CH}_2 \xrightarrow{\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}} \begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH} - \text{CH}_2 \\ \quad \quad \\ \text{O} \end{array}$ окись стирола</p> <p>б) $2 \text{C}_6\text{H}_5\text{CH} = \text{CH}_2 \xrightarrow{[\text{O}_3]} \text{C}_6\text{H}_5 - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} - \text{O} \diagdown \\ \diagdown \text{O} - \text{O} \diagup \end{array} \text{C} - \text{C}_6\text{H}_5$ </p> <p>в) $3 \text{C}_6\text{H}_5\text{CH} = \text{CH}_2 + 8 \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{димерная перекись}} 3 \text{C}_6\text{H}_5\text{CO} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{OH} \end{array} + 8 \text{MnO}_2 + 5 \text{KOH}$ бензоилмуравьиная кислота</p>

1	2
8. Акрилонитрил	<p>1. Полимеризация</p> $n\text{CH}_2=\underset{\text{CN}}{\text{CH}} \longrightarrow \left(\text{CH}_2-\underset{\text{CN}}{\text{CH}} \right)_n$ <p style="text-align: right;">полиакрилонитрил</p> <p>2. Восстановление</p> $\text{CH}_2=\underset{\text{CN}}{\text{CH}} \xrightarrow[\text{Ni, Pd}]{+2\text{H}_2} \text{CH}_2=\underset{\text{CN}}{\text{CH}} \longrightarrow \text{CH}_2-\underset{\text{CN}}{\text{CH}}-\text{NH}_2$ <p style="text-align: center;">амин</p> <p>3. Гидролиз</p> $\text{CH}_2=\underset{\text{CN}}{\text{CH}} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{H}^+} \text{CH}_2=\underset{\text{CN}}{\text{CH}}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}_2 \longrightarrow \text{CH}_2=\underset{\text{CN}}{\text{CH}}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$ <p style="text-align: right;">акриламид акриловая кислота</p> <p>4. Циклоприсоединение (реакция Дильса-Альдера)</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ \parallel \\ \text{CH} \\ \\ \text{CH} \\ \parallel \\ \text{CH}_2 \end{array} + \text{CH}=\underset{\text{CN}}{\text{CH}} \xrightarrow[200-400^\circ\text{C}]{\text{Al}_2\text{O}_3} \text{C}_5\text{H}_4\text{N}-\text{CH}=\text{CH}_2$ <p style="text-align: right;">α-винил-пиридин</p> <p>5. Присоединение нуклеофилов</p> $\text{RNH}_2 + \text{CH}_2=\underset{\text{CN}}{\text{CH}} \xrightarrow{\text{OH}^-} \text{RNHCH}_2\text{CH}_2\text{CN}$
9. Акриловая кислота	<p>1. Реакции карбоксильной группы</p> <p>а)</p> $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CO}_2\text{H} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_2=\text{CH}-\text{COO}^\ominus\text{Na}^\oplus$ <p>б)</p> $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOH} + \text{HO}-\text{C}_2\text{H}_5 \xrightleftharpoons[\text{[H}^\oplus]]{} \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOC}_2\text{H}_5$ <p style="text-align: right;">80%</p>

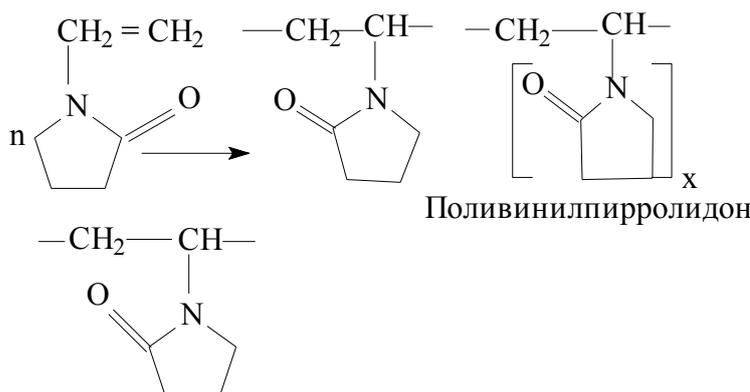
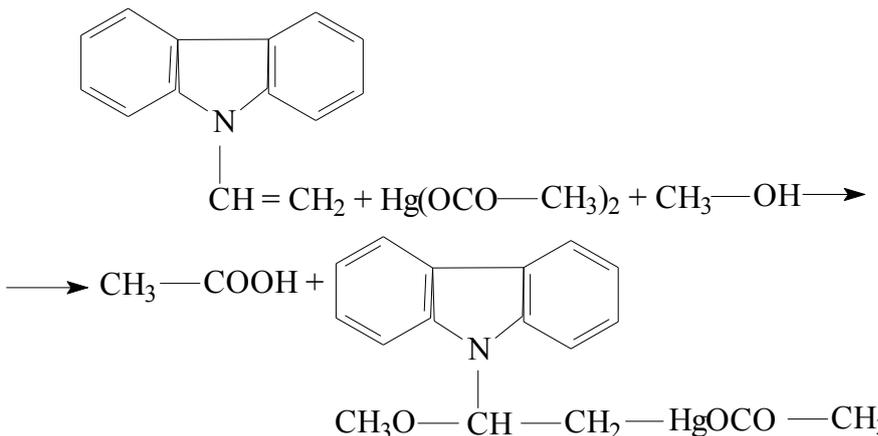
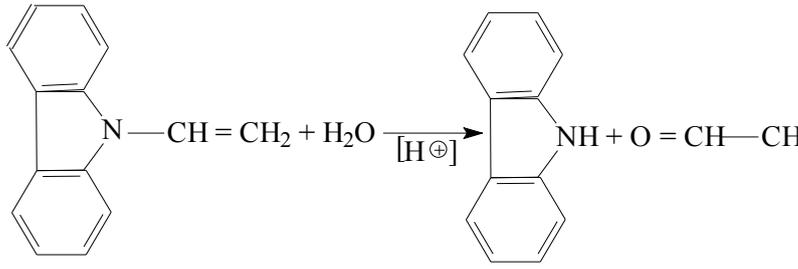
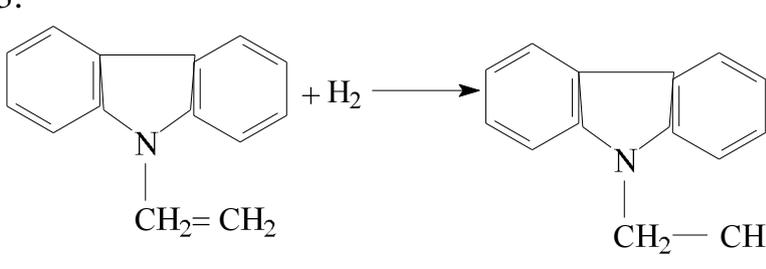
1	2
	<p>2. Полярные реакции присоединения</p> <p>а)</p> $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CO}_2\text{H} + 2\text{H} \xrightarrow{20^0} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CO}_2\text{H}$ <p>б)</p> $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CO}_2\text{H} + \text{Br}_2 \xrightarrow{\text{NaHgX}} \begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CO}_2\text{H} \\ \quad \\ \text{Br} \quad \text{Br} \end{array}$ <p>в)</p> $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{COOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{Cl} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CO}_2\text{H} + \text{HOCl} \rightarrow \begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CO}_2\text{H} + \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CO}_2\text{H} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \\ \text{Cl} \quad \text{OH} \quad \quad \quad \text{OH} \quad \text{Cl} \end{array}$ <p>г)</p> $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CO}_2\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\text{NaOH}]{100^0} \text{HO} - \text{CH}_2 - \text{---}$ <p>—CH₂—CO₂Na</p> <p>д)</p> $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CO}_2\text{H} + \text{KOH} \xrightarrow{\text{сплавление}} [\text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CO}_2\text{K}]$ $\begin{array}{c} \downarrow \quad \downarrow \\ \text{HO} - \text{CH}_3 + \text{HCO}_2\text{K} \xleftarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{O} = \text{CH}_2 + \text{CH}_3 - \text{CO}_2\text{K} \end{array}$ <p>е)</p> $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CO}_2\text{H} + \text{HgO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HO} - \text{CH}_2 - \underset{\text{Hg}^{\oplus}}{\text{CH}} - \text{CO}_2^{\ominus}$ <p>ж)</p> $\begin{array}{c} \text{CH} - \text{CO}_2\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \end{array} + \text{NH}_2 - \text{NH}_2 \rightarrow \left[\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CO}_2\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 - \text{NH} - \text{NH}_2 \end{array} \right] \rightarrow$ $\xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CO} \quad \text{NH} \\ \quad \quad \quad / \\ \text{CH}_2 - \text{NH} \end{array}$ <p>Пирозолидон-2</p> <p>и)</p> $\text{---} \text{NH}_2 + \text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CO}_2\text{H} + \text{NH}_2 \text{---}$ $\text{---} \text{C}_6\text{H}_4 \xrightarrow[180-190^0]{-\text{H}_2\text{O}}$

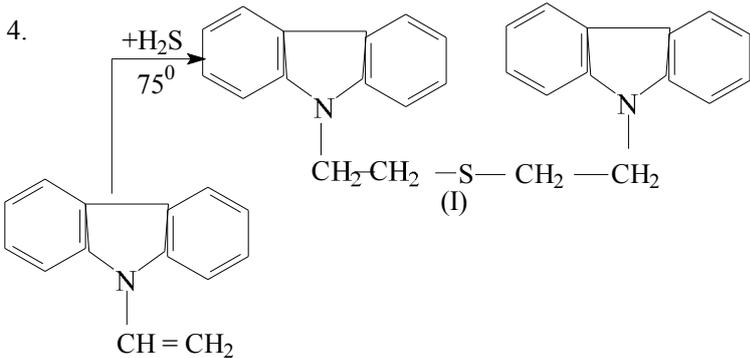
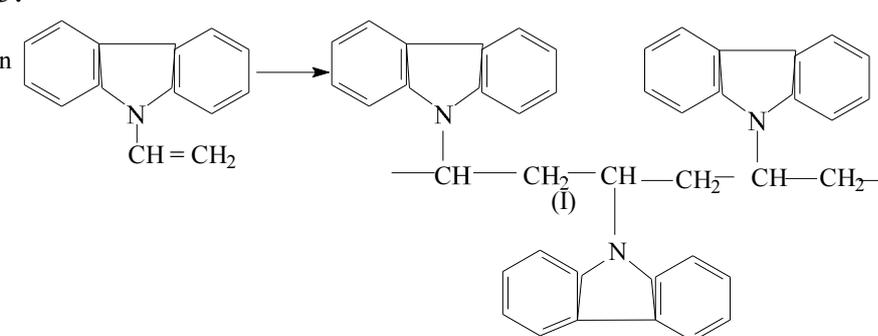
1	2
	$\longrightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{—NH—CH}_2\text{—CH}_2\text{—}$ $\text{—CO—NH—C}_6\text{H}_5$ <p>3. Неполарные реакции присоединения</p> <p>а)</p> $\text{CH}_2 = \text{CH—CO}_2\text{H} + \text{N}_2\text{O}_4 \longrightarrow \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{—CH—} \\ \quad \\ \text{NO}_2 \quad \text{NO}_2 \end{array}$ $\text{—CO}_2\text{H} + \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{—CH—CO}_2\text{H} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{NO}_2 \end{array}$ <p>б)</p> $\text{C}_6\text{H}_5\text{—NH}_2 + \text{CH}_2 = \text{CH—CO}_2\text{H} \longrightarrow$ <p>Ультрафиолетовые лучи \longrightarrow $\text{C}_6\text{H}_5\text{—NH—CH}_2\text{—}$</p> $\text{—CH}_2\text{—CO}_2\text{H}$ <p>в)</p> $\text{Cl—C}_6\text{H}_4\text{—N}_2\text{Cl} + \text{CH}_2 = \text{CH—CO}_2\text{H} \xrightarrow{[\text{CuCl}_2]}$ $\longrightarrow \text{N}_2 + \text{Cl—C}_6\text{H}_4\text{—CH}_2\text{—}\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{CH} \end{array}\text{—CO}_2\text{H}$ <p>1. Реакции циклизации</p> $\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 \\ \\ \text{C} \\ // \quad \backslash \\ \text{CH}_2 \quad \text{CH} \\ \quad \\ \text{C} \quad \text{C} \\ // \quad \backslash \\ \text{CH} \quad \text{CO}_2\text{H} \end{array} \xrightarrow[\text{в толуоле}]{\text{Кипячение}}$ <p>2 - Фенилбутадиен-1,3</p>

1	2
	$\text{r) } \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 = \text{C} - \text{COOH} \end{array} + \text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH}_2 \xrightleftharpoons{[\text{H}^+]} \text{H}_2\text{O} + \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 = \text{C} - \text{COO} - \end{array} \text{---}$ <p style="text-align: right; margin-right: 100px;">86%</p> $\text{---CH}_2 - \text{CH} = \text{CH}_2$ <p>2. Полярные реакции присоединения</p> <p>a) $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 = \text{C} - \text{CO}_2\text{Na} \end{array} + 2\text{H} \longrightarrow \text{CH}_3 - \text{CH} - \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CO}_2\text{H} \end{array}$</p> <p>b) $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 = \text{C} - \text{CO}_2\text{H} \end{array} + \text{HBr} \xrightarrow{20^0} \text{Br} - \text{CH}_2$</p> <p style="margin-left: 40px;">$\text{---} \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH} - \text{CO}_2\text{H} \end{array}$</p> <p>г) $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 = \text{C} - \text{CO}_2\text{H} \end{array} + \text{HOCl} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 - \text{C} - \text{CO}_2\text{H} \\ \quad \\ \text{Cl} \quad \text{OH} \end{array} + \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 - \text{---} \\ \\ \text{OH} \end{array}$ <p style="text-align: center; margin-left: 100px;">10%</p> <p style="margin-left: 40px;">$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{---} \text{C} - \text{CO}_2\text{H} \\ \\ \text{Cl} \end{array} \quad 90\%$</p> <p>д)</p> <p>$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 = \text{C} - \text{CO}_2\text{H} \end{array} + \text{KOH} \xrightarrow{\text{сплавление}}$</p> <p>$\left[\text{HO} - \text{CH}_2 - \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH} - \text{CO}_2\text{K} \end{array} \right] \longrightarrow \text{HCO}_2\text{K} + \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 - \text{CO}_2\text{K} \end{array}$</p> <p>е)</p> <p>$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 = \text{C} - \text{CO}_2\text{H} \end{array} \xrightarrow{2\text{C}_6\text{H}_5 - \text{NH}_2} \text{C}_6\text{H}_5 - \text{NH} - \text{---}$</p> <p style="margin-left: 40px;">$\text{---} \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH} - \text{CO} - \text{NH} - \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$</p> <p>$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 = \text{C} - \text{CO} - \text{NH} - \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \xrightarrow[190^0]{+\text{C}_6\text{H}_5 - \text{NH}_2} \uparrow$</p> <p>3. Неполярные реакции присоединения</p> <p>$\text{Br} + \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 = \text{C} - \text{CO}_2\text{H} \end{array} \longrightarrow \text{Br} - \text{CH}_2 - \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{C} - \text{CO}_2\text{H} \end{array} \xrightarrow{+\text{Br}_2}$</p> </p>

1	2
	<p>5. Полимеризация</p> $n \left(\begin{array}{c} \text{CH}_2 = \text{C} - \text{COOH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right) \longrightarrow \left(\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 - \text{C} - \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right)_n$
12. Сложные эфиры метакриловой кислоты	<p>1. Присоединение к углерод-углеродной двойной связи</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_2 = \text{C} - \text{COOR} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} + \text{Cl}_2 \longrightarrow \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{Cl} - \text{C} - \text{COOR} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{CH}_2 = \text{C} - \text{COOC}_2\text{P}_5 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} + \text{HOCl} \longrightarrow$ $\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{Cl} - \text{C}(\text{OH}) - \text{COOC}_2\text{H}_5 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} + \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2\text{Cl} - \text{C} - \text{COOC}_2\text{H}_5 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>2. Конденсация с эфирами</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_2 = \text{C} - \text{COOC}_2\text{H}_5 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} + \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{COCH} \end{array} + \text{Na} \begin{array}{c} \text{COOC}_2\text{H}_5 \end{array} \longrightarrow$ $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{CH} - \text{COOC}_2\text{H}_5 \\ / \quad \backslash \\ \text{CH}_2 \\ \backslash \quad / \\ \text{CH} - \text{COOC}_2\text{H}_5 \\ \\ \text{COCH}_3 \end{array}$ <p>3. Реакции с соединениями Гриньяра</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_2 = \text{C} - \text{COOC}_2\text{H}_5 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \xrightarrow{\text{CH}_3\text{MgI}} \left\{ \begin{array}{l} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{COCH}_3) \\ \\ \text{CH}_2 = \text{C} - \text{C}(\text{OH})(\text{CH}_3) \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\ \text{CH}_2 = \text{C} - \text{C} = \text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array} \right.$ $\begin{array}{c} \text{CH}_2 = \text{C} - \text{COOC}_2\text{H}_5 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \xrightarrow{\text{C}_2\text{H}_5\text{MgI}}$

1	2
<p>13.N-Винил-пирролидон</p>	<div style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{---} \text{CH}_2 = \text{CC}(\text{C}_2\text{H}_5)_2 \\ \\ \text{OH} \end{array}$ </div> <p>1.</p> <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{ccc} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 & \xleftarrow[\text{[KOH]}]{\text{H}_2\text{O}} & \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \\ \quad & & \quad \\ \text{CH}_2 \quad \text{CO}_2\text{H} & & \text{CH}_2 \quad \text{CO} \\ \quad & & \quad \\ \text{NH} \quad \text{N} & & \text{N} \\ \quad & & \\ \text{CH} = \text{CH}_2 & & \text{CH} = \text{CH}_2 \end{array}$ </div> <p>γ - Винаминомасляная кислота</p> <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{CH}_2 \quad \text{CO} \\ \quad \\ \text{NH} \quad \text{N} \end{array} + \text{CH}_3 - \text{CHO}$ </div> <p>2.</p> <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{ccc} \text{C}_6\text{H}_5\text{OH} & & \text{R}-\text{CO}-\text{NH}_2 \\ \longleftarrow & & \longrightarrow \\ \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{N} \\ \\ \text{CH}-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_5 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} & & \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{N} \\ \\ \text{CH} \\ \\ \text{CH}_2 \end{array} \end{array}$ </div> <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{N} \\ \\ \text{CH}-\text{NH}-\text{CO}-\text{R} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ </div> <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{ccc} \text{CH}_2 = \text{CH}_2 & \text{---} \text{CH}_2 - \text{CH} - & \text{---} \text{CH}_2 - \text{CH} - \\ & & \\ \text{N} & \text{N} & \text{N} \\ & & \\ \text{O} & \text{O} & \text{O} \end{array}$ <p style="text-align: right;">Поливинилпирролидон</p> </div> <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{N} \\ \\ \text{CH} \\ \\ \text{CH}_2 \end{array}$ </div>

1	2
14.N-Винил-карбазол	<p>3.</p>  <p>Поливинилпирролидон</p>
	<p>1.</p>  <p>2.</p>  <p>3.</p> 

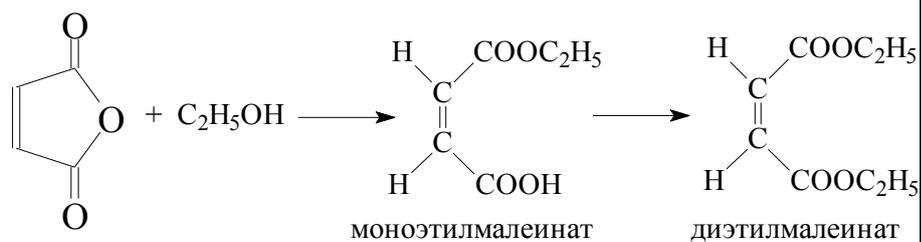
1	2
	<p>4.</p>  <p>5.</p>  <p>Поливинилкарбазол</p>

15. Малеиновый ангидрид

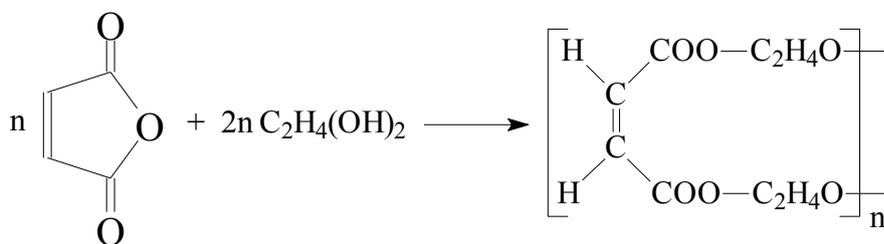
1. Реакции присоединения

1.1. Присоединение по агидридной группе

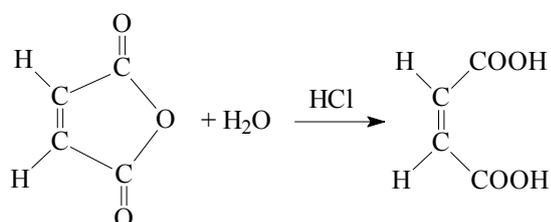
1.1.1. Образование эфиров:



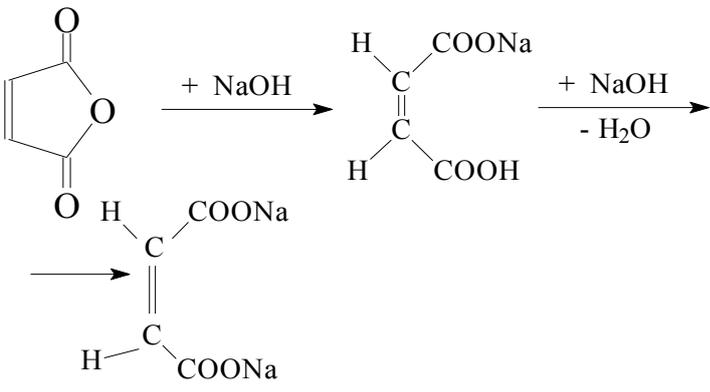
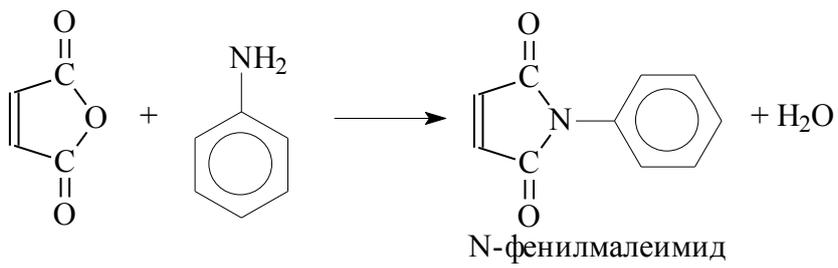
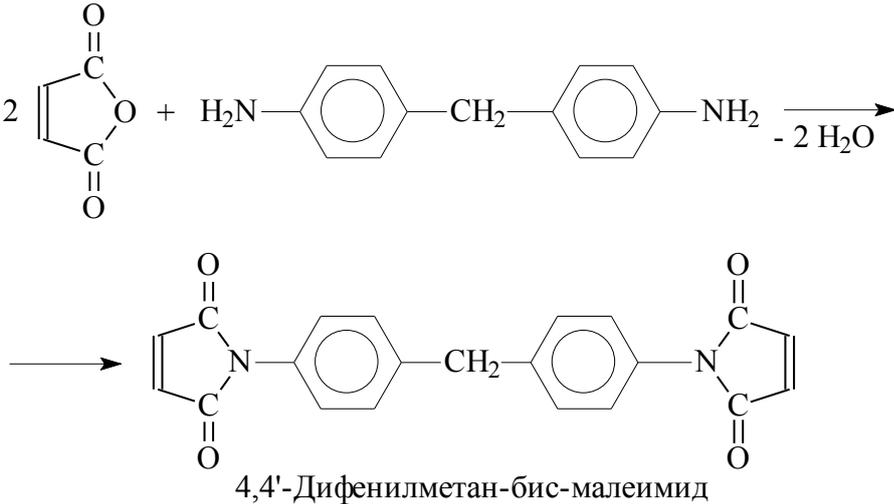
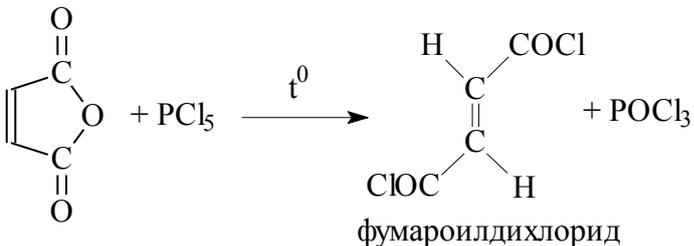
С гликолями образуются ненасыщенные полиэфиры:

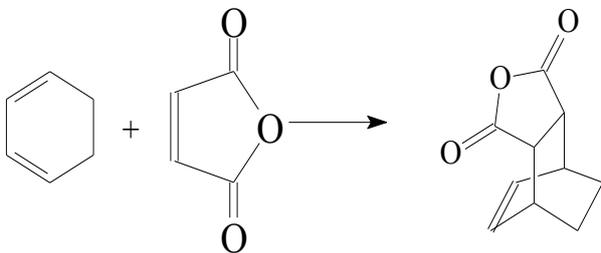
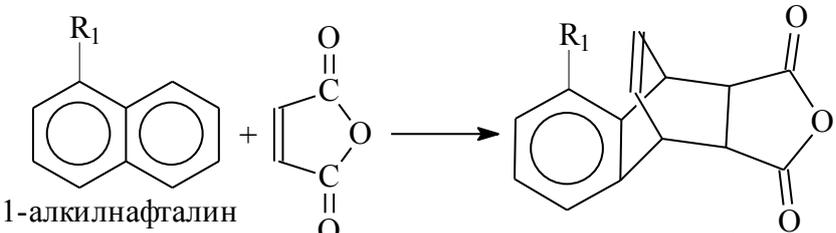
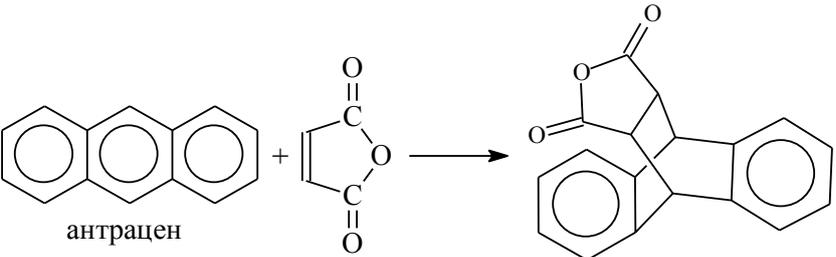


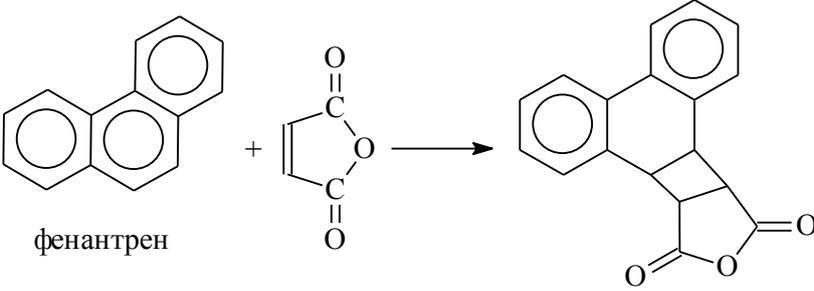
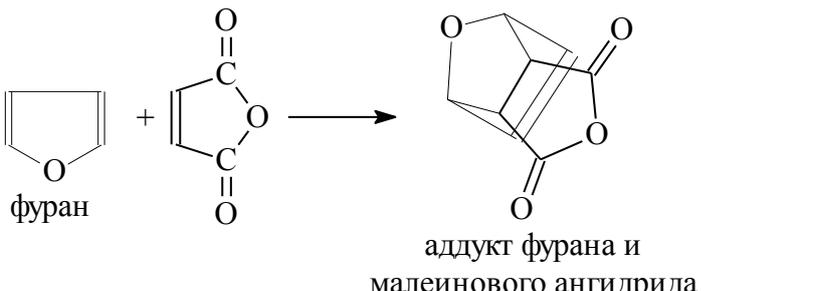
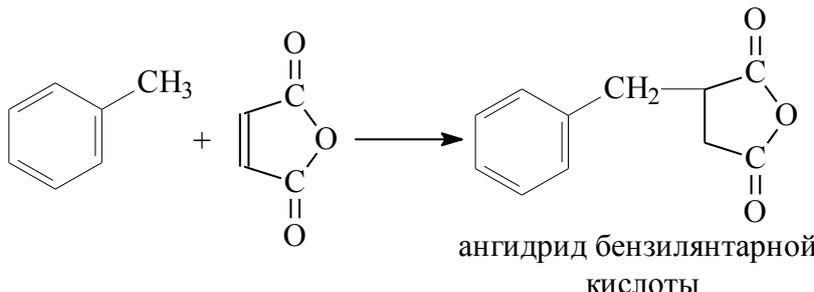
1.1.2. Гидратация

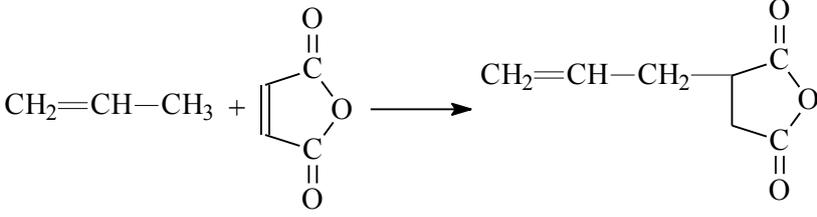
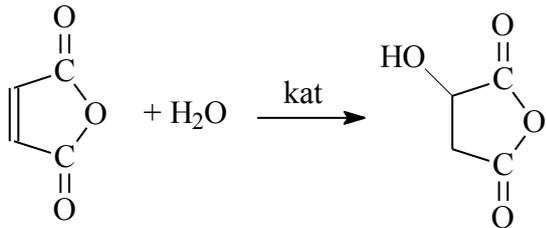
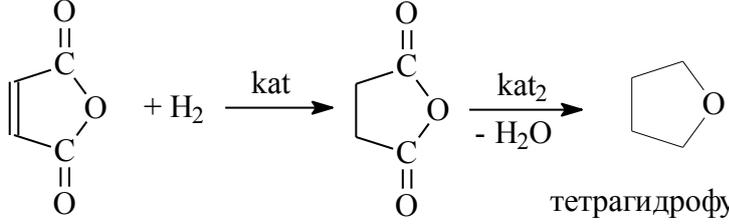
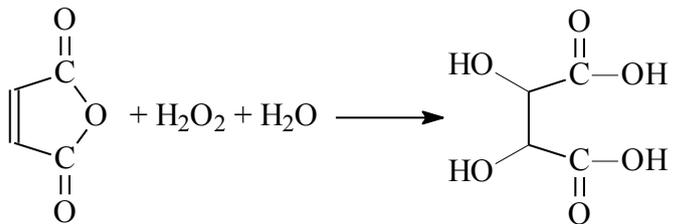


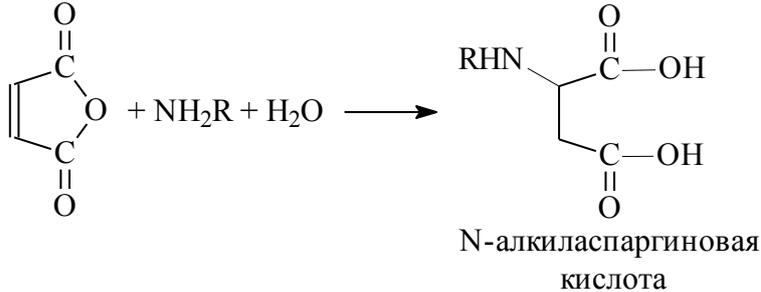
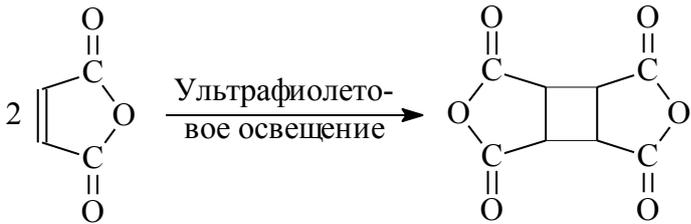
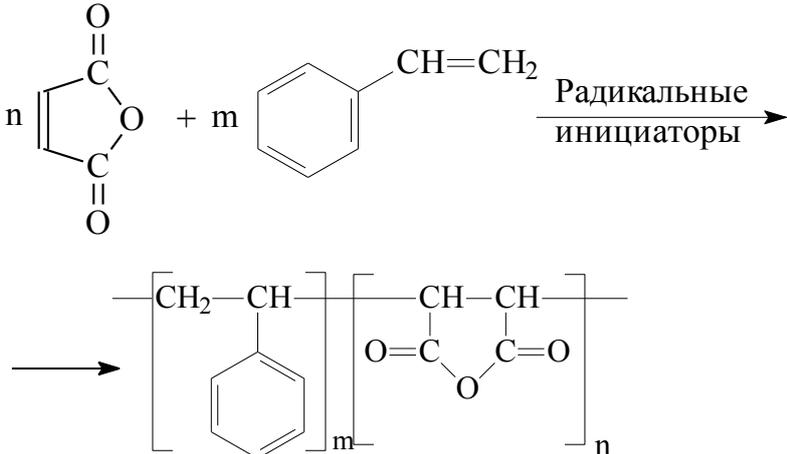
В присутствии тиомочевины и других катализаторов

1	2
	<p>происходит изомеризация в фумаровую кислоту</p> <p>1.1.3. Щелочной гидролиз</p>  <p>1.1.4. Реакция с аминами</p>  <p>N-фенилмалеимид</p>  <p>4,4'-Дифенилметан-бис-малеимид</p> <p>1.1.5. Образование хлорангидрида</p>  <p>фумароилдихлорид</p>

1	2
	<p>1.2. Присоединение по двойной связи</p> <p>1.2.1. Реакция Дильса-Альдера с сопряженными диенами</p> <div data-bbox="592 488 1476 741" style="text-align: center;">  <p style="text-align: right;">аддукт циклогексадиена-1,3 и малеинового ангидрида</p> </div> <p>Правило эндоприсоединения, или накопления насыщенности: реагенты обычно располагаются в параллельных плоскостях таким образом, чтобы расстояние между ненасыщенной группой диенофила и π-электронами диена было минимальным.</p> <p>Реакция с 1,4-бутадиеном применяется для его количественного определения при производстве каучука.</p> <p>1.2.2. Реакция с ароматическими углеводородами</p> <div data-bbox="592 1346 1453 1646" style="text-align: center;">  <p>1-алкилнафталин</p> <p style="text-align: right;">аддукт 1-алкилнафталина и малеинового ангидрида</p> </div> <div data-bbox="592 1691 1453 2016" style="text-align: center;">  <p>антрацен</p> <p style="text-align: right;">аддукт антрацена и малеинового ангидрида</p> </div>

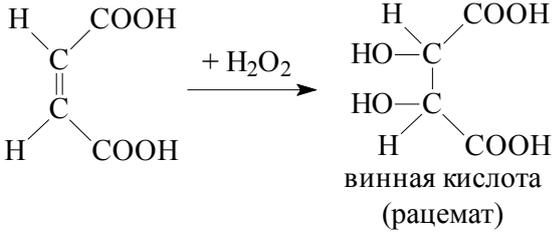
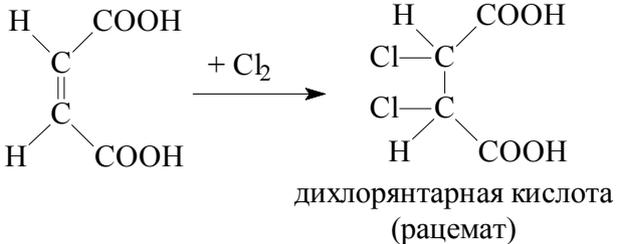
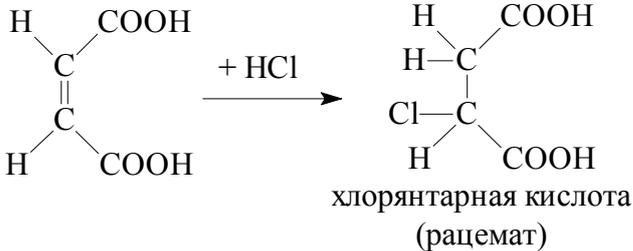
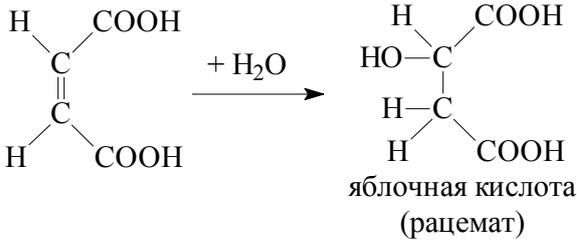
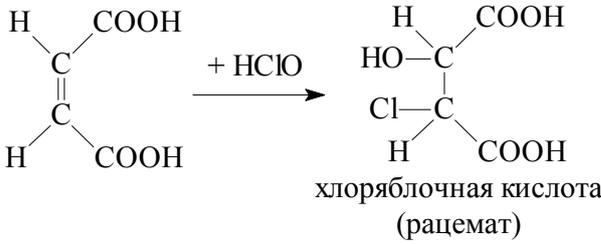
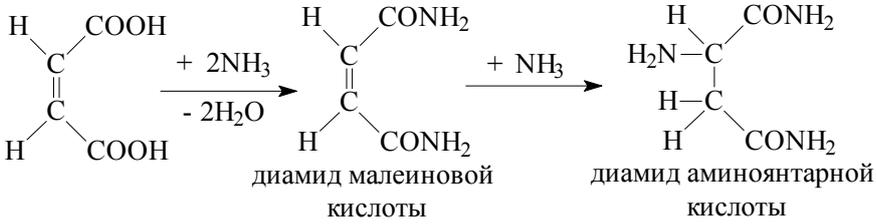
1	2
	<div style="text-align: center;">  <p>фенантрен + <chem>O=C1C=CC(=O)O1</chem> → аддукт фенантрена и малеинового ангидрида</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>фуран + <chem>O=C1C=CC(=O)O1</chem> → аддукт фурана и малеинового ангидрида</p> </div> <p>Образование аддуктов Дильса-Альдера используют для выделения аренов из нефтяных фракций. Аддукт с антраценом образуется при нагревании и позволяет отделить антрацен и антраценовые углеводороды; затем при освещении УФ-светом в реакцию вступают фенантреновые углеводороды. Регенерация углеводородов осуществляется при УФ-освещении аддуктов.</p> <p>1.2.3. Реакция с алкилбензолами</p> <div style="text-align: center;">  <p><chem>Cc1ccccc1</chem> + <chem>O=C1C=CC(=O)O1</chem> → ангидрид бензилянтарной кислоты</p> </div>

1	2
	<p>1.2.4. Реакция с несопряжёнными ненасыщенными соединениями</p>  <p style="text-align: center;">ангидрид аллилантарной кислоты</p> <p>1.2.5. Присоединение воды</p>  <p style="text-align: center;">ангидрид яблочной кислоты</p> <p>1.2.6. Гидрирование</p>  <p style="text-align: center;">тетрагидрофуран</p> <p>1.2.7. Присоединение пероксида водорода</p>  <p style="text-align: center;">винная кислота</p>

1	2
	<p>1.2.8. Аминирование</p>  <p style="text-align: center;">N-алкиласпаргиновая кислота</p> <p style="text-align: center;">i. Димеризация</p>  <p>1.2.10. Сополимеризация</p> <p>Сополимеризация малеинового ангидрида с винильными соединениями и олефинами приводит к насыщенным линейным полимерам:</p>  <p style="text-align: center;">сополи(стирол-малеиновый ангидрид); $n \approx m$</p>

1	2
16.Малеиновая кислота	<p>1. Превращения карбоксильных групп</p> <p>1.1. Диссоциация в воде</p> $ \begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{H} \end{array} \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{COOH} \end{array} \rightleftharpoons \begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{H} \end{array} \begin{array}{c} \text{COO}^{\ominus} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{COOH} \end{array} + \text{H}^{\oplus} \quad K_1=1,14 \times 10^{-2} $ <p>Растворимость в воде довольно высокая – 44,1 г/100 г воды при 25°C.</p> $ \begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{H} \end{array} \begin{array}{c} \text{COO}^{\ominus} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{COOH} \end{array} \rightleftharpoons \begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{H} \end{array} \begin{array}{c} \text{COO}^{\ominus} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{COO}^{\ominus} \end{array} + \text{H}^{\oplus} \quad K_2=5,9 \times 10^{-7} $ <p>1.2. Нейтрализация</p> $ \begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{H} \end{array} \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{COOH} \end{array} + \text{NaOH} \xrightarrow{-\text{H}_2\text{O}} \begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{H} \end{array} \begin{array}{c} \text{COO}^{\ominus} \text{Na}^{\oplus} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{COOH} \end{array} $ <p style="text-align: center;">гидромалеинат натрия</p> $ \begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{H} \end{array} \begin{array}{c} \text{COO}^{\ominus} \text{Na}^{\oplus} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{COOH} \end{array} + \text{NaOH} \rightleftharpoons \begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{H} \end{array} \begin{array}{c} \text{COO}^{\ominus} \text{Na}^{\oplus} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{COO}^{\ominus} \text{Na}^{\oplus} \end{array} $ <p style="text-align: center;">малеинат натрия</p> <p>1.3. Этерификация</p> $ \begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{H} \end{array} \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{COOH} \end{array} \xrightarrow[-\text{H}_2\text{O}]{+\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} \begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{H} \end{array} \begin{array}{c} \text{COOC}_2\text{H}_5 \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{COOH} \end{array} \xrightarrow[-\text{H}_2\text{O}]{+\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} \begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{H} \end{array} \begin{array}{c} \text{COOC}_2\text{H}_5 \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{COOC}_2\text{H}_5 \end{array} $ <p style="text-align: center;">моноэтилмалеинат диэтилмалеинат</p> <p>Со спиртами образуются моно- и диэфиры</p> <p>1.4. Дегидратация</p> $ \begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{H} \end{array} \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{COOH} \end{array} \xrightarrow[-\text{H}_2\text{O}]{200^{\circ}\text{C}} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H} - \text{C} - \text{C} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} \quad \text{O} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{C} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array} $

1	2
	<p>Малеиновая кислота при нагревании выше 130°C или в присутствии P₂O₅, ацетилхлорида и некоторых других дегидратируется в малеиновый ангидрид.</p> <p>1.5. Декарбоксилирование</p> $ \begin{array}{ccc} \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{COOH} \end{array} & \xrightarrow[\text{Cu}_2\text{O}]{\text{хинолин, } t^\circ} & \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} + \text{CO}_2 \\ & & \text{акриловая} \\ & & \text{кислота} \end{array} $ <p>1.6. Аминирование</p> $ \begin{array}{ccc} \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{COOH} \end{array} & \xrightarrow[-\text{H}_2\text{O}]{+\text{NH}_3} & \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{CONH}_2 \end{array} & \xrightarrow[-\text{H}_2\text{O}]{+\text{NH}_3} & \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{CONH}_2 \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{CONH}_2 \end{array} \\ & & \text{амид малеиновой} & & \text{диамид малеиновой} \\ & & \text{кислоты} & & \text{кислоты} \end{array} $ <p>2. Превращения двойной связи</p> <p>2.1. Гидрирование</p> $ \begin{array}{ccc} \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{COOH} \end{array} & \xrightarrow[\text{Na/Hg}]{+\text{H}_2} & \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \quad \\ \text{C} \\ \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{COOH} \end{array} \\ & & \text{янтарная кислота} \end{array} $ <p>2.2. Озонирование</p> $ \begin{array}{ccc} \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{COOH} \end{array} & \xrightarrow{+\text{O}_3} & \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \quad / \\ \text{O}-\text{C} \\ \quad \backslash \\ \text{O} \quad \text{O} \\ \quad / \\ \text{O}-\text{C} \\ \quad \backslash \\ \text{H} \quad \text{COOH} \end{array} & \xrightarrow{+\text{H}_2\text{O}} & \begin{array}{c} \text{O} \quad \text{OH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{O} \quad \text{OH} \end{array} + \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{OH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{O} \quad \text{H} \end{array} \\ & & \text{озонид малеиновой} & & \text{щавелевая} \quad \text{глиоксильная} \\ & & \text{кислоты} & & \text{кислота} \quad \text{(глиоксалева)} \\ & & & & \text{кислота} \end{array} $ <p>2.3. Окисление</p> <p>Пероксиды, водный перманганат калия превращают малеиновую кислоту в винную (рацемат):</p>

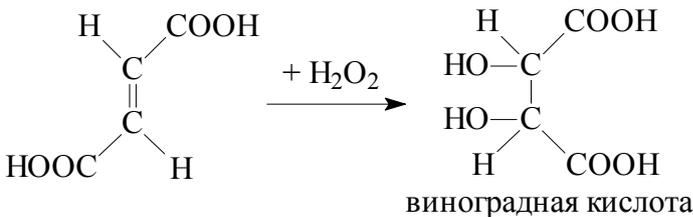
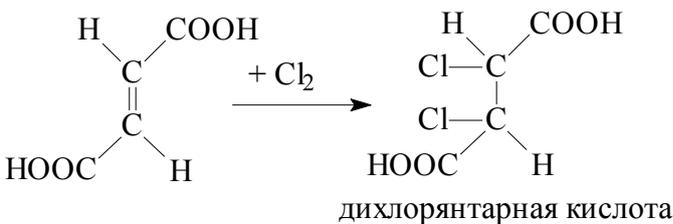
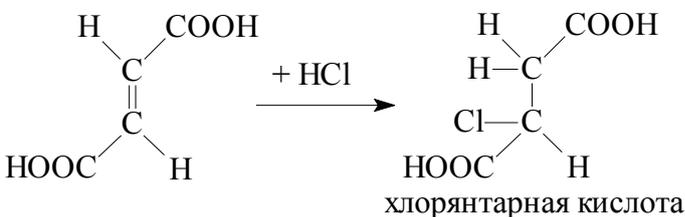
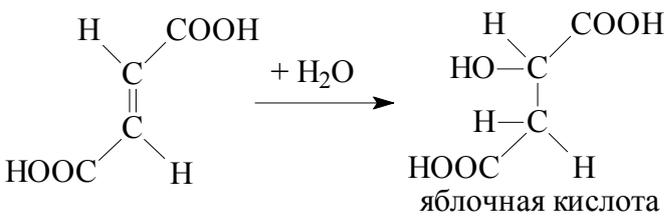
1	2
	<div style="text-align: center;">  <p>винная кислота (рацемат)</p> </div> <p>2.4. Галогенирование</p> <div style="text-align: center;">  <p>дихлорянтарная кислота (рацемат)</p> </div> <p>2.5. Гидрогалогенирование</p> <div style="text-align: center;">  <p>хлорянтарная кислота (рацемат)</p> </div> <p>2.6. Гидратация</p> <div style="text-align: center;">  <p>яблочная кислота (рацемат)</p> </div> <p>2.7. Реакция с хлорноватистой кислотой</p> <div style="text-align: center;">  <p>хлоряблочная кислота (рацемат)</p> </div> <p>2.8. Аминирование</p> <div style="text-align: center;">  <p>диамид малеиновой кислоты</p> <p>диамид аминокантарной кислоты</p> </div>

1	2
	<p>Аммиак и первичные амины реагируют сначала по карбоксильной группе, а при более высокой температуре по двойной связи.</p> <p>2.9.Диеновый синтез</p> $ \begin{array}{ccc} \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{COOH} \end{array} & \xrightarrow{+ \text{H}_2\text{O}} & \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{HO}-\text{C} \\ \\ \text{H}-\text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{COOH} \end{array} \\ & & \text{яблочная кислота} \\ & & \text{(рацемат)} \end{array} $ <p>2.10.Электрохимическое фторирование</p> $ \begin{array}{ccc} \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{COOH} \end{array} & \xrightarrow[\text{- 2 HF}]{+ 3 \text{F}_2} & \begin{array}{c} \text{F} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{F}-\text{C} \\ \\ \text{F}-\text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{F} \quad \text{COOH} \end{array} \\ & & \text{перфторянтарная кислота} \end{array} $ <p>3. Изомеризация</p> $ \begin{array}{ccc} \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{COOH} \end{array} & \xrightarrow{\text{kat}} & \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{HOOC} \quad \text{H} \end{array} \end{array} $ <p>Катализаторы – тиомочевина, следы йода, неорганические кислоты.</p> <p>4.Циклизация</p> $ \begin{array}{ccc} \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{COOH} \end{array} + \begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} & \xrightarrow[\text{освещение}]{\text{Ультрафиолетовое}} & \begin{array}{c} \text{HOOC} \\ \\ \text{HOOC} \end{array} \begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \\ & & \text{метилциклобутандикарбоновая} \\ & & \text{кислота} \end{array} $ <p>С ненасыщенными соединениями при УФ облучении в присутствии фотосенсибилизаторов образуются производные циклобутана</p>

1	2
	<p data-bbox="584 293 1118 331">5. Электрохимическое окисление</p> $ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ \\ \text{H} \end{array} \begin{array}{c} \text{COONa} \\ \\ \text{COONa} \end{array} + 2 \text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\text{ток}]{\text{Электрич.}} \begin{array}{c} \text{CH} \\ \\ \text{CH} \end{array} + 2 \text{NaOH} + 2 \text{CO}_2^+ \\ + \begin{array}{c} \text{COONa} \\ \\ \text{H}_2\text{C} \\ \\ \text{H}_2\text{C} \\ \\ \text{COONa} \end{array} $ <p data-bbox="584 741 911 779">6. Сополимеризация</p> <p data-bbox="584 808 1433 1167">Сополимеризация малеиновой кислоты, а также её солей с виниловыми соединениями и олефинами приводит к насыщенным линейным полимерам, содержание кислоты в которых не превышает 50%. Тенденция к чередованию звеньев особенно заметна при сополимеризации со стиролом и винилацетатом:</p> $ n \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ \\ \text{H} \end{array} \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{COOH} \end{array} + m \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2 \xrightarrow[\text{инициаторы}]{\text{Радикальные}} $ $ \begin{array}{c} \left[\text{CH}_2 - \text{CH} \right] \left[\text{CH} - \text{CH} \right] \\ \quad \quad \quad \\ \text{C}_6\text{H}_5 \quad \text{O}=\text{C} \quad \text{C}=\text{O} \\ \quad \quad \quad \quad \\ \quad \quad \quad \text{OH} \quad \text{OH} \end{array} \\ \text{сополи(стирол-малеиновая кислота)} ; \quad n \approx m $ <p data-bbox="584 1727 1398 1895">Гомополимеризация не происходит вследствие стерических затруднений, связанных с наличием в молекулах объёмных карбоксильных групп.</p>

1	2
17.Фумаровая кислота	<p>1. Превращения карбоксильных групп</p> <p>1.1. Диссоциация в вод</p> $ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ \\ \text{HOOC} \end{array} \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H} \end{array} \rightleftharpoons \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ \\ \text{HOOC} \end{array} \begin{array}{c} \text{COO}^{\ominus} \\ \\ \text{H} \end{array} + \text{H}^{\oplus} \quad K_1 = 1,0 \cdot 10^{-3} $ <p>Растворимость в воде низкая – 0,70 г/100 г воды при 25°C.</p> $ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ \\ \text{HOOC} \end{array} \begin{array}{c} \text{COO}^{\ominus} \\ \\ \text{H} \end{array} \rightleftharpoons \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ \\ \text{OOC}^{\ominus} \end{array} \begin{array}{c} \text{COO}^{\ominus} \\ \\ \text{H} \end{array} + \text{H}^{\oplus} \quad K_2 = 5,9 \cdot 10^{-7} $ <p>1.2. Нейтрализация</p> $ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ \\ \text{HOOC} \end{array} \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H} \end{array} + \text{NaOH} \xrightarrow{-\text{H}_2\text{O}} \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ \\ \text{HOOC} \end{array} \begin{array}{c} \text{COO}^{\ominus} \text{Na}^{\oplus} \\ \\ \text{H} \end{array} $ <p style="text-align: right;">гидрофумарат натрия</p> $ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ \\ \text{HOOC} \end{array} \begin{array}{c} \text{COO}^{\ominus} \text{Na}^{\oplus} \\ \\ \text{H} \end{array} + \text{NaOH} \rightleftharpoons \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ \\ \text{OOC}^{\ominus} \end{array} \begin{array}{c} \text{COO}^{\ominus} \text{Na}^{\oplus} \\ \\ \text{H} \end{array} + \text{Na}^{\oplus} $ <p style="text-align: right;">фумарат натрия</p> <p>1.3. Этерификация</p> $ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ \\ \text{HOOC} \end{array} \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H} \end{array} \xrightarrow[-\text{H}_2\text{O}]{+\text{CH}_3\text{OH}} \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ \\ \text{HOOC} \end{array} \begin{array}{c} \text{COOCH}_3 \\ \\ \text{H} \end{array} \xrightarrow[-\text{H}_2\text{O}]{+\text{CH}_3\text{OH}} \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ \\ \text{H}_3\text{COOC} \end{array} \begin{array}{c} \text{COOCH}_3 \\ \\ \text{H} \end{array} $ <p style="text-align: center;">моно-метилфумарат диметилфумарат</p> <p>Со спиртами образуются моно- и диэфиры</p>

1	2
	<p>1.4.Образование хлорангирида</p> $ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{HOOC} \quad \text{H} \end{array} + 2 \text{PCl}_5 \xrightarrow{t^\circ} \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COCl} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{ClOC} \quad \text{H} \end{array} + 2 \text{POCl}_3 + 2 \text{HCl} $ <p style="text-align: center;">фумароилдихлорид</p> <p>Фумаровая кислота при нагревании в присутствии PCl_5, SOCl_2 превращается в дихлорангидрид.</p> <p>1.5. Декарбоксилирование</p> $ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{HOOC} \quad \text{H} \end{array} \xrightarrow[\text{Cu}_2\text{O}]{\text{хинолин, } t^\circ} \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} + \text{CO}_2 $ <p style="text-align: center;">акриловая кислота</p> <p>1.6.Аминирование</p> $ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{HOOC} \quad \text{H} \end{array} \xrightarrow[-\text{H}_2\text{O}]{+\text{NH}_3} \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{CONH}_2 \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{HOOC} \quad \text{H} \end{array} \xrightarrow[-\text{H}_2\text{O}]{+\text{NH}_3} \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{CONH}_2 \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H}_2\text{NOC} \quad \text{H} \end{array} $ <p style="text-align: center;">амид фумаровой кислоты диамид фумаровой кислоты</p> <p>1.7. Дегидратация</p> $ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{HOOC} \quad \text{H} \end{array} \xrightarrow[-\text{H}_2\text{O}]{t^\circ} \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{C} \\ // \quad \backslash \\ \text{C} \quad \text{O} \\ \backslash \quad // \\ \text{C} \\ \\ \text{O} \end{array} $ <p>Легко протекает при нагревании фумаровой кислоты с P_2O_5.</p> <p>2. Превращения двойной связи</p> <p>2.1.Гидрирование</p> $ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ // \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{HOOC} \quad \text{H} \end{array} \xrightarrow[\text{Na/Hg}]{+\text{H}_2} \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \quad \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ \quad \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{COOH} \end{array} $ <p style="text-align: center;">янтарная кислота</p>

1	2
	<p data-bbox="582 293 911 331">2.2. Озонирование</p> <div data-bbox="587 353 1469 589">  <p style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ \parallel \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{HOOC} \quad \text{H} \end{array} + \text{O}_3 \longrightarrow \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{O}-\text{C} \\ \quad \\ \text{O} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{HOOC} \quad \text{H} \\ \text{озонид фумаровой} \\ \text{кислоты} \end{array} \xrightarrow{+\text{H}_2\text{O}} \begin{array}{c} \text{O} \quad \text{OH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ \parallel \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{O} \quad \text{OH} \\ \text{щавелевая} \\ \text{кислота} \end{array} + \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{OH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ \parallel \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{O} \quad \text{H} \\ \text{глиоксиловая} \\ \text{(глиоксальная)} \\ \text{кислота} \end{array}$ </p> </div> <p data-bbox="582 600 815 638">2.3. Окисление</p> <p data-bbox="582 667 1425 770">Пероксиды, водный перманганат калия превращают фумаровую кислоту в виноградную кислоту:</p> <div data-bbox="596 797 1289 1014">  <p style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ \parallel \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{HOOC} \quad \text{H} \end{array} + \text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{HO}-\text{C} \\ \quad \\ \text{HO}-\text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{COOH} \\ \text{виноградная кислота} \end{array}$ </p> </div> <p data-bbox="582 1025 932 1064">2.4. Галогенирование</p> <div data-bbox="587 1093 1260 1317">  <p style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ \parallel \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{HOOC} \quad \text{H} \end{array} + \text{Cl}_2 \longrightarrow \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{Cl}-\text{C} \\ \quad \\ \text{Cl}-\text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{HOOC} \quad \text{H} \\ \text{дихлорянтарная кислота} \end{array}$ </p> </div> <p data-bbox="582 1328 1023 1366">2.5. Гидрогалогенирование</p> <div data-bbox="587 1395 1272 1612">  <p style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ \parallel \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{HOOC} \quad \text{H} \end{array} + \text{HCl} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{H}-\text{C} \\ \quad \\ \text{Cl}-\text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{HOOC} \quad \text{H} \\ \text{хлорянтарная кислота} \end{array}$ </p> </div> <p data-bbox="582 1624 868 1662">2.6. Гидратация</p> <div data-bbox="587 1691 1251 1908">  <p style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ \parallel \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{HOOC} \quad \text{H} \end{array} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{HO}-\text{C} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{HOOC} \quad \text{H} \\ \text{яблочная кислота} \end{array}$ </p> </div>

1	2
	<p>2.7. Реакция с хлорноватистой кислотой</p> $ \begin{array}{ccc} \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ \parallel \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{HOOC} \quad \text{H} \end{array} & \xrightarrow{+\text{HClO}} & \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{HO}-\text{C} \\ \\ \text{Cl}-\text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{HOOC} \quad \text{H} \end{array} \\ & & \text{хлоряблочная кислота} \end{array} $ <p>2.8. Аминирование</p> $ \begin{array}{ccc} \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ \parallel \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{HOOC} \quad \text{H} \end{array} & \xrightarrow[- 2\text{H}_2\text{O}]{+ 2\text{NH}_3} & \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{CONH}_2 \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ \parallel \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H}_2\text{NOC} \quad \text{H} \end{array} & \xrightarrow{+\text{NH}_3} & \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{CONH}_2 \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ \parallel \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C} \quad \text{H} \\ \\ \text{H}_2\text{NOC} \end{array} \\ & & \text{диамид фумаровой} & & \text{диамид аминокантарной} \\ & & \text{кислоты} & & \text{кислоты} \end{array} $ <p>Аммиак и первичные амины реагируют сначала по карбоксильной группе, а при более высокой температуре – по двойной связи.</p> <p>2.9. Диеновый синтез</p> $ \begin{array}{ccc} \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ \parallel \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{HOOC} \quad \text{H} \end{array} & + & \text{диен} & \longrightarrow & \text{диеноид} \end{array} $ <p>2.10. Электрохимическое фторирование</p> $ \begin{array}{ccc} \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ \parallel \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{HOOC} \quad \text{H} \end{array} & \xrightarrow[- 2\text{HF}]{+ 3\text{F}_2} & \begin{array}{c} \text{F} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{F}-\text{C} \\ \\ \text{F}-\text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{HOOC} \quad \text{F} \end{array} \\ & & \text{перфторянтарная кислота} \end{array} $ <p>3. Электрохимическое окисление</p> $ \begin{array}{ccc} 2 \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COONa} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ \parallel \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{NaOOC} \quad \text{H} \end{array} & + 2\text{H}_2\text{O} & \xrightarrow[\text{ток}]{\text{Электрич.}} & & \\ & & & & \\ \longrightarrow & & & & \begin{array}{c} \text{CH} \\ \parallel \\ \text{CH} \end{array} + 2\text{NaOH} + 2\text{CO}_2 + \begin{array}{c} \text{COONa} \\ \\ \text{H}_2\text{C} \\ \\ \text{H}_2\text{C} \\ \\ \text{COONa} \end{array} \end{array} $

1	2
	<p>4. Изомеризация</p> $ \begin{array}{ccc} \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{HOOC} \quad \text{H} \end{array} & \xrightarrow[\text{освещение}]{\text{Ультрафиолетовое}} & \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ / \quad \diagdown \\ \text{C} \\ \\ \text{C} \\ \diagdown \quad / \\ \text{H} \quad \text{COOH} \end{array} \\ & & \text{малеиновая кислота} \end{array} $ <p>5. Циклизация</p> $ \begin{array}{ccc} \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{HOOC} \quad \text{H} \end{array} + \begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} & \longrightarrow & \\ \xrightarrow[\text{освещение}]{\text{Ультрафиолетовое}} & & \begin{array}{c} \text{HOOC} \\ \\ \square \\ \\ \text{HOOC} \quad \text{CH}_3 \end{array} \\ & & \text{метилциклобутандикарбоновая кислота} \end{array} $ <p>С ненасыщенными соединениями при УФ облучении в присутствии фотосенсибилизаторов образуются производные циклобутана.</p> <p>6. Сополимеризация</p> <p>Сополимеризация фумаровой кислоты, а также её солей с виниловыми соединениями и олефинами приводит к насыщенным линейным полимерам, содержание кислоты в которых не превышает 50%. Тенденция к чередованию звеньев особенно заметна при сополимеризации со стиролом и винилацетатом:</p> $ \begin{array}{ccc} n \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ \\ \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{HOOC} \quad \text{H} \end{array} + m \begin{array}{c} \text{CH}=\text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} & \xrightarrow[\text{инициаторы}]{\text{Радикальные}} & \end{array} $

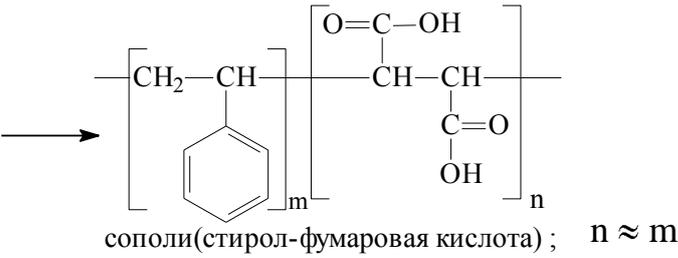
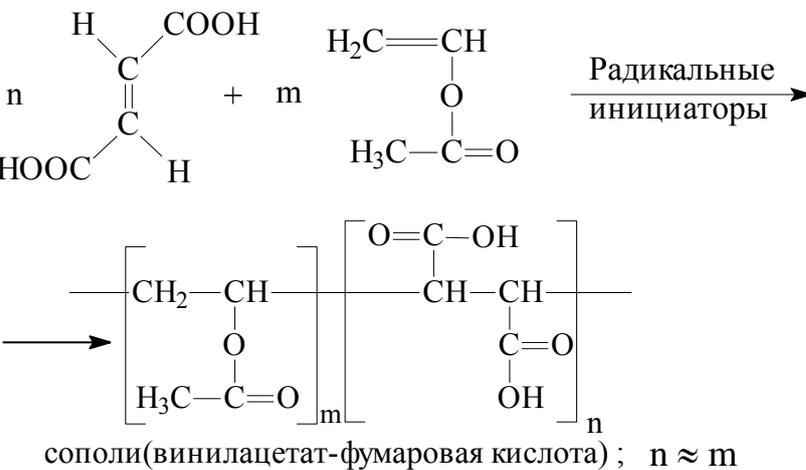
1	2
	<div style="text-align: center;">  <p>сополи(стирол-фумаровая кислота); $n \approx m$</p> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <p>сополи(винилацетат-фумаровая кислота); $n \approx m$</p> </div> <p>Гомополимеризация не происходит вследствие стерических затруднений, связанных с наличием в молекулах объёмных карбоксильных групп.</p>

Таблица 5

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОНОМЕРОВ

Название мономера	Области применения
1	2
Этилен	<p>Этилен- алкилирующий агент, широко используется для алкилирования бензола.</p> <p>Этилен- исходное соединение для получения полиэтилена высокого и низкого давления и олигомеров этилена, являющихся основой ряда синтетических смазочных масел.</p> <p>Сополимеризацией этилена с пропиленом на катализаторах Циглера-Натта получают этилен-пропиленовые каучуки, обладающие повышенной устойчивостью к окислению и</p>

1	2
2. Пропилен	<p>истиранию. В промышленности получают также сополимеры этилена со стиролом и винилацетатом. Применяют этилен в промышленном оргсинтезе (в ряде процессов он вытесняет ацетилен), а также как регулятор роста растений, для ускорения созревания плодов, дефолиации растений и снижения преждевременного опадания плодов.</p> <p>Пропилен-важное сырье нефтехимической промышленности, используется при производстве пластмасс, каучуков, масел, присадок и моющих средств (три- и тетрамеры), высокооктановых компонентов моторных топлив, растворителей. Пропилен-ингибитор при газофазном дегидрохлорировании хлор- и полихлоралканов.</p>
3. Бутадиен	<p>Бутадиен легко полимеризуется и сополимеризуется с образованием ценных каучуков (бутадиеновые каучуки, бутадиеннитрильные каучуки, бутадиенстирольные каучуки, винилпиридиновые каучуки).</p>
4. Изопрен	<p>Применяют изопрен для синтеза изопреновых каучуков (> 95%), бутилкаучука, изопрен-стирольных термоэластопластов, транс-полиизопрена, в производстве душистых и лекарственных средств.</p>
5. Хлоропрен	<p>Мономер для производства хлоропреновых каучуков.</p>
6. Тетрафторэтилен	<p>Применяют тетрафторэтилен для получения различных полимеров (например, тефлона) и сополимеров (например, с этиленом, гексафторпропиленом, нитрозоперфторалканами и другими олефинами), инертных тяжелых жидкостей и смазок, а также ряда фторорганических соединений.</p>
7. Стирол	<p>Стирол-мономер в производстве полистирола (в т.ч. ударного</p>

1	2
	полистирола и пенополистирола), АБС-пластиков, бутадиен-стирольных каучуков, термоэластопластов, сополимеров с акрилонитрилом, винилхлоридом: сополимеры с дивинилбензолом – сырье для ионообменных смол; реакционноспособный растворитель полиэфирных смол, модификатор алкидных смол.
8.Акрилонитрил	Акрилонитрил используют в производстве полиакрилонитрильных волокон, АБС-пластиков, бутадиен-нитрильного каучука, сополимеров с винилхлоридом, стиролом (пластик САН) и др., цианэтилцеллюлозы, акриламида, метилакрилата, глутаминовой кислоты и адиподинитрила.
9. Акриловая кислота	Акриловую кислоту и ее соли применяют для изготовления водорастворимых полимеров и сополимеров, которые используют в качестве аппретур, связующих, диспергаторов. Акриловая кислота и ее производные используются при производстве акриловых эмульсий для лакокрасочных материалов, пропитки тканей и кожи, в качестве сырья для полиакрилонитрильных волокон и акрилатных каучуков, строительных смесей и клеев. Значительная часть акриловой кислоты используется также при производстве суперабсорбентов. В производстве полимеров широко применяют сложные эфиры акриловой и метакриловой кислот.
10. Сложные эфиры акриловой кислоты	Акрилаты используются в производстве смол для аппретирования тканей и кож. Из метилакрилата получается самая прочная смола, используемая в производстве акриловых волокон. Метилакрилат применяется в стоматологии, медицине и фармацевтических препаратах, а также для полимеризации

1	2
	<p>радиоактивных отходов. Кроме того, метилакрилат используется при очистке промышленных сточных вод и для расфасовки и измельчения пестицидов. Этилакрилат входит в состав эмульсий и полимеров для поверхностных покрытий ткани, бумаги и кожи. Он также используется для получения синтетических ароматизаторов, как добавка в воск для натирки пола, как составная часть гуталина, применяется в производстве акриловых волокон, клеев и связующих веществ</p>
11.Мета-криловая кислота	<p>Используется как исходное соединение при получении различных эфиров метакриловой кислоты; как мономер при получении многочисленных полимеров, сополимеров и олигомеров, используемых в производстве ионообменных смол, полиакриловых клеев, органического стекла; для получения полиакриловой кислоты и карбоксилатных каучуков</p>
12. Сложные эфиры метакриловой кислоты	<p>Промышленное значение имеют главным образом эфиры (метил-, этил- и бутилметакрилаты), из которых синтезируют полимеры, применяемые в производстве органического стекла, клеев, лаков, слоистых пластиков, а также в хирургии и стоматологии для изготовления протезов.</p> <p>Более 50% производимого метилметакрилата используется для получения акриловых полимеров. В форме полиметилметакрилата и других смол он применяется, главным образом, в виде листов пластика, порошков для литья и формовки, поверхностных покрытий, эмульсионных полимеров, волокон, чернил и пленок. Метилметакрилат также применяется в производстве материалов, известных под названием плексигласа или люцита. Они используются в</p>

1	2
	зубных протезах, твердых контактных линзах и клеях. <i>N</i> -бутилметакрилат используется в качестве мономера для смол, сольвентных покрытий, клеев и присадок к маслам, а также входит в состав эмульсий для аппретирования тканей, кожи и бумаги, применяется в производстве контактных линз.
13.N-Винил-пирролидон)(1-Винил-2 пирролидон	Используется в качестве мономера для получения поливинилпирролидона, а также для сополимеризации с виниловыми эфирами, стиролом, винилхлоридом, винилфталимидом и др.
14.N-Винилкарбазол	Используется в качестве мономера для получения поливинилкарбазола.
15.Малеиновый ангидрид	<p>Малеиновый ангидрид, относящийся к числу наиболее важных мономеров, составляет основу современной промышленности синтетических полимерных материалов. Главный потребитель малеинового ангидрида (до 75% производимого) – производство синтетических смол и покрытий, например, ненасыщенных полиэфирных смол. Кроме того, он служит сырьем для синтеза присадок к смазочным маслам (9%), инсектицидов (7%), клеев (4%) и других продуктов (5%).</p> <p>Его используют также для синтеза фумаровой и яблочной кислот (пищевых добавок), гидразида малеиновой кислоты (регулятор роста растений), дефолиантов (например, эндоталья), фунгицидов (кантона и др.), инсектицидов (карбофос), как модификатор алкидных смол, синтеза добавок к смазочным маслам для изменения внутреннего трения, как сырье в производстве тетрагидрофталевого ангидрида, тетрагидрофурана и γ-бутиролактона. Также малеиновый</p>

1	2
	ангидрид применяется для очистки ароматических веществ от сернистых и азотистых соединений.
16.Малеиновая кислота	<p>Наиболее важным применением малеиновой кислоты является использование ее в производстве fumarовой кислоты. Для производства fumarовой кислоты, малеиновую кислоту каталитически изомеризуют. Очень малая растворимость fumarовой кислоты сильно упрощает ее отделение от непрореагировавшей малеиновой кислоты. Малеиновая кислота применяется в производстве винной и яблочной кислот, ПАВ, полимерных материалов, алкидных смол, а также в качестве сшивающего агента при получении полимерных волокон.</p>
17.Фумаровая кислота	<p>Фумаровая кислота применяется для получения полиэфирных смол вместо фталевого ангидрида, синтетических высыхающих масел, пластификаторов, как заменитель лимонной и винной кислот в пищевой промышленности.</p> <p>В медицине эфиры fumarовой кислоты применяют для лечения псориаза (дневная доза 60-105 мг и повышается до 1300 мг в день). Натриевая соль fumarовой кислоты входит в состав препаратов конфумин и мафусол.</p> <p>Как подкислитель fumarовая кислота применяется в пищевой промышленности с 1946 года. Нетоксична. Обычно используется при приготовлении напитков и выпечки. Используется как заменитель винной кислоты и часто вместо лимонной кислоты (для достижения одинакового вкусового эффекта требуется 0,91 г фумарата вместо 1,36 г цитрата).</p> <p>Используется в леденцах как подкислитель, как и яблочная кислота, для напитков с фруктовым вкусом, растворимого чая, жевательной резинки, различных порошков для приготовления фруктовых десертов (желе).</p>

ТОКСИЧНОСТЬ И ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ

Название мономера	Воздействие на организм
1	2
1. Этилен	При превышении ПДК этилен оказывает наркотическое действие, может вызвать головную боль, головокружение, ослабление

Продолжение табл.6

1	2
	дыхания, нарушение кровообращения, потерю сознания. Сжиженный этилен при попадании на кожу вызывает ее поражение, аналогичное ожогу. Этилен кумулятивными свойствами не обладает. Этилен при нормальных условиях не вступает в химическое взаимодействие с водой, в воздушной среде не образует токсичные соединения.
2. Пропилен	При превышении ПДК пропилен оказывает наркотическое действие, может вызвать головную боль, головокружение, ослабление дыхания, нарушение кровообращения, потерю сознания. Сжиженный пропилен при попадании на кожу вызывает ее поражение, аналогичное ожогу. Пропилен кумулятивными свойствами не обладает. Пропилен при нормальных условиях не вступает в химическое взаимодействие с водой, в воздушной среде не образует токсичные соединения.
3. Бутадиен	В малых концентрациях 1,3-бутадиен раздражает слизистые оболочки глаз и дыхательных путей.
4. Изопрен	В высоких концентрациях вредно действует на нервную систему, угнетает кроветворение, в малых - раздражает слизистые глаз и дыхательных путей.
5. Хлоропрен	Обладает общетоксическим действием. Вызывает наркоз. Нарушает процессы костеобразования. Раздражает верхние дыхательные пути и слизистые глаз. Проникает через

1	2
	неповрежденную кожу, вызывая токсическое действие. Оказывает мутагенное, тератогенное и эмбриотоксическое действие.
6. Тетрафторэтилен	При вдыхании тетрафторэтилен поражает слизистые оболочки верхних дыхательных путей и легочной ткани, вызывает функциональные расстройства центральной нервной системы.
7. Стирол	Умеренно токсичен; вызывает раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей, головную боль, расстройство центральной и вегетативной нервной системы.
8. Акрилонитрил	Акрилонитрил обладает раздражающим действием, легко всасывается через неповрежденную кожу; токсическое действие подобно цианидам.
9. Акриловая кислота	При работе с акриловой кислотой следует учесть, что данное вещество оказывает раздражающее действие на кожные покровы и слизистые оболочки. Порог раздражающего действия кислоты составляет 0,04 мг/л. При попадании на слизистую оболочку глазных яблок, как правило, вызывает сильнейшие ожоги роговицы, может привести к необратимым изменениям (повреждениям, не поддающимся лечению). Вдыхание паров акриловой кислоты может вызвать головную боль, раздражение дыхательных путей, а в чрезмерных дозах – развитие отека легких. В помещениях, где проводится работа с акриловой кислотой, необходим постоянный контроль воздуха. ПДК данной кислоты составляет 5 мг/м ³ .
10. Сложные эфиры акриловой кислоты	При превышении ПДК- кашель, затрудненное дыхание, одышка, воспаление горла. Воздействие на кожу - покраснение, кожные ожоги, боли. Попадание в глаза - покраснение, боли, ощущение жжения. Подобно многим мономерам, то есть химическим соединениям,

1	2
	<p>которые полимеризуются для получения пластмасс и смол, реакционная способность акрилатов может стать источником профессиональных заболеваний и повышенной опасности в случае присутствия высоких концентраций этих веществ. Метилакрилат обладает сильными раздражающими свойствами и может вызывать аллергические реакции. Его длительное воздействие может приводить к поражению печени и почек. Канцерогенность метилакрилата не доказана. Между тем, этиларилат относится к группе 2В как возможный человеческий канцероген. Его пары оказывают сильное раздражающее действие на слизистую оболочку носа, глаз и дыхательных путей. Он способен вызывать повреждение роговицы, а вдыхание концентрированных паров этого вещества может привести к отеку легких. Сообщалось о случаях сенсibilизации кожи после контакта с жидким этилакрилатом.</p> <p>Бутилакрилат обладает такими же биологическими свойствами, как метилакрилат и этилакрилат, но токсичность этого класса соединений с увеличением молекулярной массы, по всей видимости, уменьшается. Бутилакрилат также является раздражителем и вызывает сенсibilизацию кожи.</p>
11. Метакриловая кислота	<p>Раздражает кожу и слизистую оболочку глаз. ПДК для человека 10 мг/м³, ПДК в водоёмах 1 мг/л. ЛД₂₅2,2 (крысы, перорально) мг/кг. При остром отравлении наблюдается тошнота, головная боль, головокружение, слабость, сонливость.</p>
12. Сложные эфиры метакриловой кислоты	<p>При остром отравлении (метилметакрилатом), наряду с признаками раздражения слизистой оболочки глаз и верхних дыхательных путей, наблюдаются тошнота, повторная рвота, головная боль, шум в голове, головокружение, чувство жажды,</p>

1	2
	<p>слабость, сонливость. В дальнейшем - потеря сознания, кратковременные эпилептиформного характера судороги. Гипотония. Лейкоцитоз с относительным нейтрофилезом.</p> <p>При хроническом отравлении (метилметакрилатом) ведущее место в клинической картине занимает симптоматика поражения нервной системы. Различают стадийность заболевания.</p> <p>Для I стадии интоксикации характерны астеноневротический синдром с явлениями вегетативной дисфункции; жалобы на общую слабость, снижение памяти; головные боли; колющие боли в сердце; пониженное настроение; слезливость; понижение возбудимости вестибулярного анализатора. Указанные изменения нестойки и сглаживаются при прекращении контакта с ядом.</p> <p>Для II стадии интоксикации характерно развитие вегетативно-чувствительного полиневрита с периферическим ангиодистоническим синдромом и нарушением трофики ногтей.</p> <p>При рентгенологическом исследовании выявляются дистрофические изменения костей.</p> <p>Наблюдаются также расстройства зрения, обоняния, слуха, вестибулярные нарушения, диэнцефальная симптоматика, хронический конъюнктивит, субатрофические и атрофические изменения слизистых верхних дыхательных путей. Возможны явления гастрита с секреторной недостаточностью и токсического гепатита.</p> <p>По мере прогрессирования процесса возможен переход в III стадию интоксикации. Усиливаются жалобы на слабость, апатию, снижение памяти и т. д. Нарастает неврологическая симптоматика (развитие токсической энцефалопатии);</p>

1	2
	<p>наклонность к общим ангиодистоническим кризам с гипертонией и тахикардией. На ЭКГ - дистрофическое поражение миокарда. Иногда отмечаются нарушения овариально-менструальной и детородной функций.</p> <p>Метил- и бутилакрилаты и в меньшей степени метилметакрилат раздражающе действуют на кожу (возможно развитие острого дерматита с образованием пузырей или по типу сухого некроза, пиодермии и др.).</p> <p>Метакрилаты близки акрилатам, но биологическая активность их ниже. Имеются доказательства, что эти соединения не вызывают рака у животных. Метилметакрилат может оказывать угнетающее действие на центральную нервную систему; вызывать аллергические реакции у рабочих, контактировавших с данным мономером. Этилметакрилат по своим свойствам напоминает метилметакрилат, но его раздражающие свойства менее выражены. Как и у акрилатов, с возрастанием молекулярной массы биологическая активность метакрилатов уменьшается, и поэтому раздражающее действие бутилметакрилата слабее, чем этилметакрилата.</p>
13. N-Винилпирролидон	<p>Вызывает наркоз и раздражает слизистые оболочки. Для белых крыс ЛК50 = 0,074 мг/л, ЛД50 = 1,37 г/кг. Хорошо проникает через кожу животных. Пи 0,0082 мг/л человек ощущает раздражение слизистых оболочек через 1 мин.</p>
14. N-Винилкарбазол	<p><i>Токсическое действие.</i> Из 10 белых мышей 6 пали при введении в желудок в виде водной взвеси дозы 0,05 г/кг. Все морские свинки от дозы 0,5 г/кг погибли через 2—3 дня. Два кролика из трех при 3-кратном скармливании 0,5 г/кг пали в первые 3 дня. При скармливании в течение 23 дней по 0,1 г/кг, а затем 7 дней</p>

1	2
	<p>по 0,2 г/кг у морских свинок — резкие колебания температуры тела, истощение, увеличение количества эритроцитов в крови; одно животное из 3 погибло после 28 отравлений. На вскрытии у всех животных — слабо выраженный отек легких и жировая дегенерация печеночных клеток.</p> <p><i>Действие на кожу.</i> При нанесении на 1 ч пыли <i>N</i>-винилкарбазола на ухо кролика или при погружении уха на 1 мин в 1% спиртовой раствор — воспалительный отек, изъязвления, шелушение, выпадение шерсти. Отек рассасывался через 8—12 дней. Обнаружено выраженное сенсибилизирующее действие на кожу (Рылова). При повторных контактах кожи человека с <i>N</i>-винилкарбазолом чувствительность ее резко увеличивается.</p>
15.Малеиновый ангидрид	<p>Технический малеиновый ангидрид по своим токсическим свойствам относится к высокоопасным соединениям 2-го класса опасности. Малеиновый ангидрид раздражает слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей (сопровождается бронхитами, желудочно-кишечными расстройствами); ПДК 1,0 мг/м³. Отмечаются также кожные аллергические реакции. Летальная доза (ЛД₅₀, в мг/кг): 625 (белые крысы, перорально).</p>
16. Малеиновая кислота	<p>Малеиновая кислота является кислотой средней силы и может нанести серьезные повреждения коже и слизистым оболочкам. Тяжелые последствия, особенно для глаз, могут вызываться даже низкими 5% концентрациями.</p> <p>Нет никаких сведений о ее кумулятивном токсическом воздействии на человека. Опасность при промышленном применении малеиновой кислоты заключается в ее воздействии на открытые участки тела; она устраняется использованием</p>

1	2
	<p>кислотности, заменитель лимонной или винной кислоты, используется с 1946 года.</p> <p>Фумаровая кислота присутствует в любых живых клетках, являясь участником цикла лимонной кислоты. В природе фумаровая кислота в больших количествах содержится в лишайниках, ирландском мхе и аптечной дымянке. Клетки кожи человека естественным образом вырабатывают фумаровую кислоту под действием солнечного света.</p> <p>Данное соединение является умеренным раздражителем кожи и слизистых оболочек, и при его промышленном использовании не возникает никаких проблем. В высоких дозах токсична при приёме внутрь: вызывает половые расстройства; для неё средняя дневная доза равна 6 мг на 1 кг массы тела человека.</p>
17.Фумаровая кислота	<p>Фумаровая кислота – относительно слабая, плохо растворимая кислота. Это естественный метаболит, менее токсичный перорально, чем винная кислота.</p> <p>Фумаровая кислота – пищевая добавка E297, регулятор соответствующих индивидуальных средств защиты (непроницаемых перчаток или рукавиц).</p> <p>ПДК составляет 0,2 мг/м³ (в населенных пунктах), 1,0 мг/м³ (в производственных помещениях).</p>

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Платэ Н.А., Сливинский Е.В. Основы химии и технологии мономеров. - М.: Наука, 2002.- 696 с.
2. Вацулик П. Химия мономеров. - М.: Иностран.лит-ра, 1960.- Т.1. - 736 с.
3. Химия. Большой энциклопедический словарь /под ред.И.Г. Кнунянц.-М.: Большая Российская энциклопедия, 1998.- 435 с.

4. Колесников Г. С., Синтез винильных производных ароматических и гетероциклических соединений. М.: Изд-во АН СССР, 1960.- 303 с.
5. Сидельковская Ф. П., Химия N-винилпирролидона и его полимеров.- М.: Наука, 1970. -150 с.
6. Химическая энциклопедия В 5 т. Т.- 2, 5. / Гл. редактор И.Л.Кнунянц. – М.: Изд-во «Советская энциклопедия», 1988-1998.
7. Рзаев З.М. Полимеры и сополимеры малеинового ангидрида. – Баку: Элм, 1984. – 160с.
8. Молдавский Б. Л., Кернос Ю. Д., Малейновый ангидрид и малейновая кислота. – Л.: Изд-во «Химия», 1976. – 85с.
9. Муша Ж.Э., Гиллер С.А., Шиманская М.В. и др., Получение малейнового ангидрида парофазным окислением бензола. – Л.: Изд-во «Химия», 1978.

Учебное издание

Пузин Юрий Иванович, Рольник Любовь Зелиховна

МОНОМЕРЫ

Редактор Л.А. Маркешина

Подписано в печать Бумага офсетная. Формат 60x84 ¹/₁₆.

Гарнитура «Таймс». Печать трафаретная. Усл. печ. л.4. Уч.-изд. л. 4,5.

Тираж 70 экз. Заказ

Редакционно-издательский центр Уфимского государственного нефтяного
технического университета

Адрес редакционно-издательского центра:

450062, Республика Башкортостан, г.Уфа, ул.Космонавтов,1