

- алкоголаты необратимо реагируют с водой:

$$C_2H_5ONa + H_2O \rightarrow C_2H_5OH + NaOH$$

- с органическими и неорганическими кислотами (этерификация)

$$CH_3-C(=O)OH + HOC_2H_5 \xrightleftharpoons[t]{H_2SO_4(кат)} CH_3-C(=O)OC_2H_5 + H_2O$$

$$C_2H_5OH + HO-NO_2 \rightleftharpoons C_2H_5-O-NO_2 + H_2O$$

2. по OH-группе

- с газообразными галогенводородами
- с газообразными аммиаком и аминами
- с альдегидами и кетонами
- с $PCl_5, PCl_3, SOCl_2$

$$3C_2H_5-OH + PCl_3 \rightarrow 3C_2H_5Cl + H_3PO_3$$

$$C_2H_5-OH + PCl_5 \rightarrow C_2H_5Cl + POCl_3 + HCl$$

$$C_2H_5-OH + SOCl_2 \rightarrow C_2H_5Cl + SO_2 + HCl$$

- с другими спиртами (межмолекулярная дегидратация — меньше 140°)

- внутримолекулярная дегидратация (Выше 140°)

$$CH_3-CH_2-CH(OH)-CH_3 \xrightarrow[180^\circ C]{H_2SO_4(кат)} CH_3-CH=CH-CH_3 + H_2O$$

окисление (первичные - в альдегиды, вторичные - в кетоны)

$$CH_3-CH_2-CH_2-OH + CuO \xrightarrow{t} CH_3-CH_2-C(=O)H + Cu + H_2O$$

$$CH_3-CH(OH)-CH_3 + CuO \xrightarrow{t} CH_3-C(=O)-CH_3 + Cu + H_2O$$

- каталитическое дегидрирование

$$CH_3CH_2OH \xrightarrow{Cu, t} CH_3-C(=O)H + H_2$$

$$CH_3-CH(OH)-CH_3 \xrightarrow{Cu, t} CH_3-C(=O)-CH_3 + H_2$$

- каталитическое окисление кислородом (в присутствии Cu или Ag)

$$2CH_3CH_2OH + O_2 \xrightarrow{Ag, t} 2CH_3-C(=O)H + 2H_2O$$

$$2CH_3-CH(OH)-CH_3 + O_2 \xrightarrow{Ag, t} 2CH_3-C(=O)-CH_3 + 2H_2O$$

- с перманганатом и дихроматом

- метанол окислится до CO_2 !!
- первичные - до альдегидов или кислот
- вторичные - до кетонов
- третичные только перманганатом в жестких условиях

Только многоатомные

- со свежесажженным гидроксидом меди(II)

при этом происходит растворение осадка и образование темно-синего раствора комплексного соединения меди 2+ и многоатомного спирта

это качественная реакция на гликоли (на 2 OH-группы у соседних углеродов)

$$CH_2-CH_2 \xrightarrow[t]{H_2SO_4(кат)} CH_3-C(=O)H + H_2O$$

$$CH_2(OH)-CH_2(OH) \xrightarrow{H_2SO_4(кат)} \text{оксолон} + 2H_2O$$

$$CH_2(OH)-CH(OH)-CH_2(OH) \xrightarrow{H_2SO_4(кат)} \text{акролеин} + 2H_2O$$

$$CH_2(OH)-CH_2-CH_2-CH_2(OH) \xrightarrow[t]{H_2SO_4(кат)} \text{бутен-3-ол-1} + H_2O$$

Фенолы

1. кислотные свойства

- с ШМ и ЩЗМ
- с щелочами
- с карбонатами до гидрокарбонатов

$$C_6H_5OH + Na_2CO_3 \rightarrow C_6H_5ONa + NaHCO_3$$

2. замещение

- галогенирование при н.у. (хлор, бром, хлорная и бромная вода)
- замещается сразу в три положения

$$C_6H_5OH + 3Br_2 \rightarrow 2,4,6-tribromophenol + 3HBr$$

- нитрование
- можно заместить в орто- или пара-положение, а можно сразу в три
- поликонденсация с формальдегидом
- получение фенол-формальдегидной смолы

3. присоединение

- гидрирование

4. качественные реакции

- обесцвечивание перманганата калия
- с бромной водой (обесцвечивание + белый осадок)
- $FeCl_3$ (фиолетовое окрашивание)

альдегиды

1. присоединение

- гидратация (обратима)
- со спиртам (до полуацеталей и ацеталей)
- с гидросульфитом, с циановодородом
- гидрирование (до первичных спиртов)

2. окисление

- формальдегид - до CO_2
- остальные - до кислот
- с бромной и хлорной водой

$$CH_3-C(=O)H + Br_2 + H_2O \rightarrow CH_3-C(=O)OH + 2HBr$$

- с гидроксидом диаминсеребра ($Ag_2O, NH_3(p-p)$)

$$CH_3-C(=O)H + 2[Ag(NH_3)_2]OH \xrightarrow{t} CH_3-C(=O)ONH_4 + 2Ag + 3NH_3 + H_2O$$

- со свежесажженным гидроксидом меди(II) при t

$$CH_3-C(=O)H + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t} CH_3-C(=O)OH + Cu_2O + 2H_2O$$

- с перманганатами/дихроматами

3. полимеризация (формальдегид, ацетальдегид)

4. поликонденсация формальдегида с фенолом

получение фенол-формальдегидной смолы

кетоны

1. присоединение

- со спиртам
- с гидросульфитом, с циановодородом
- гидрирование (до вторичных спиртов)

2. окисление

только в очень жестких условиях (кипячение под давлением)

- с перманганатами/дихроматами

карбоновые кислоты

1. кислотные свойства

- кислотная окраска индикаторов
- с металлами
- с основными и амфотерными оксидами и гидроксидами
- обмен с солями

2. реакции по связи C—O

- этерификация (со спиртами)
- с $PCl_5, PCl_3, SOCl_2$ подобно спиртам (по OH-группе)

3. замещение

- галогенирование (хлор, бром) по альфа-атому в присутствии красного фосфора

муравьиная кислота

муравьиная кислота проявляет свойства альдегидов

- с бромной, хлорной водой

$$HCOOH + Br_2 \xrightarrow{t} CO_2 + 2HBr$$

- с гидроксидом диаминсеребра ($Ag_2O, NH_3(p-p)$)

$$HCOOH + 2[Ag(NH_3)_2]OH \xrightarrow{t} (NH_4)_2CO_3 + 2Ag \downarrow + 2NH_3 + H_2O$$

- со свежесажженным гидроксидом меди(II) при t

$$HCOOH + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t} CO_2 + Cu_2O \downarrow + 3H_2O$$

- с перманганатами/дихроматами

$$5HCOOH + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow 5CO_2 + K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O$$

- с конц. серной кислотой

$$HCOOH \xrightarrow[t]{H_2SO_4(конц)} CO + H_2O$$

$$2HCOONa + H_2SO_4(кат) \rightarrow Na_2SO_4 + 2CO + 2H_2O$$

непредельные кислоты

1. все свойства кислот

2. реакции непредельных соединений

- гидрирование
- галогенирование (обесцвечивание бромной воды)
- гидрогалогенирование (против правила Марковникова! {реакции с акриловой})
- окисление перманганатом/дихроматом
- полимеризация

ароматические кислоты

1. все свойства кислот

2. разложение бензойной кислоты

$$C_6H_5COOH \xrightarrow[t, kat]{} C_6H_6 + CO_2$$

3. реакции по бензольному кольцу

$$C_6H_5COOH + HNO_3 \xrightarrow{H_2SO_4} p\text{-NO}_2C_6H_4COOH + H_2O$$

соли карбоновых кислот

1. электролиз растворов солей

при этом карбоксильная группа переходит в CO_2 , а радикал удваивается по той связи, которой был связан с карбоксильной группой.

$$(C_2H_5COO)_2Ca + 2H_2O \xrightarrow{t} H_2 + Ca(OH)_2 + 2CO_2 + C_2H_5-C_2H_5$$

2. декарбосилирование

$$CH_3-COONa + NaOH \xrightarrow{t} Na_2CO_3 + CH_4$$

3. пиролиз (разложение) солей Ca, Sr, Ba

$$(RCOO)_2Ca \xrightarrow{t} CaCO_3 + R-C(=O)-R$$

4. пиролиз солей Ca, Sr, Ba

дикарбоновых кислот

$$H_2C-CH_2-C(=O)O-Ca^{2+}-O-C(=O)-CH_2-CH_2 \xrightarrow{t} CaCO_3 + \text{циклопентанон}$$

5. алкилирование галогеналканами

$$CH_3-C(=O)ONa + CH_3Cl \rightarrow NaCl + CH_3-C(=O)O-CH_3$$

6. формиаты и оксалаты с конц. серной кислотой

$$2HCOONa + H_2SO_4(кат) \rightarrow Na_2SO_4 + 2CO + 2H_2O$$

$$KOOC-COOK + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + CO + CO_2 + H_2O$$

7. разложение формиатов

$$2HCOONa \xrightarrow{t} NaOOC-COONa + H_2 \uparrow$$

сложные эфиры

1. гидролиз

- кислотный (обратим)
- щелочной (необратим)

$$CH_3-C(=O)OC_2H_5 + NaOH \rightarrow CH_3-C(=O)ONa + C_2H_5OH$$

щелочной гидролиз эфиров фенола приводит к образованию двух солей:

$$CH_3-C(=O)OC_6H_5 + 2NaOH \rightarrow CH_3-C(=O)ONa + C_6H_5ONa + H_2O$$

сложные эфиры муравьиной кислоты

- реакции альдегидов (бромная вода, серебряное зеркало, гидроксид меди(II) при t, перманганат калия)

непредельные сложные эфиры

- реакции непредельных соединений (гидрирование, галогенирование, обесцвечивание бромной воды, полимеризация)

жиры

- сложные эфиры глицерина и высших карбоновых кислот
- животные (твёрдые) — предельные
- растительные (жидкие) — непредельные

1. гидролиз

- кислотный (обратим)
- щелочной/омыление (необратим)

2. непредельные жиры (растительные)

все свойства непредельных соединений

- гидрирование
- галогенирование (обесцвечивание бромной воды)
- окисление перманганатом/дихроматом
- полимеризация

углеводы

моносахариды (нет гидролиза)

- глюкоза
- фруктоза
- галактоза
- рибоза
- дезоксиррибоза

дисахариды (гидролизуются)

- мальтоза
- сахароза
- лактоза

полисахариды (гидролизуются)

- крахмал (амилоза, амилопектин)
- целлюлоза
- гликоген
- хитин

все углеводы

1. обугливаются конц. серной кислотой
2. этерификация с карбоновыми и неорганическими кислотами
3. простые эфиры со спиртами

альдозы (глюкоза, галактоза, рибоза, дезоксирибоза, мальтоза, лактоза)

1. свойства альдегидов

- гидрирование
- бромная вода
- с гидроксидом диаминсеребра ($Ag_2O, NH_3(p-p)$)
- со свежесажженным гидроксидом меди(II) при t
- с перманганатами/дихроматами

2. свойства многоатомных спиртов

- со свежесажженным гидроксидом меди(II)

кетозы (фруктоза)

1. свойства кетонов

- гидрирование

2. свойства многоатомных спиртов

полисахариды

1. **целлюлоза** образует простые и сложные эфиры, вступает в реакции этерификации
2. **целлюлозу** подвергают пиролизу
3. **крахмал** дает сине-фиолетовое окрашивание с иодом

амины

1. основные свойства

- с водой (обратимо)
- с кислотами

$$CH_3NH_2 + H_2SO_4 \rightarrow CH_3NH_3HSO_4$$

$$2CH_3NH_2 + H_2SO_4 \rightarrow (CH_3NH_3)_2SO_4$$

$$2CH_3NH_2 + CO_2 + H_2O \rightarrow (CH_3NH_3)_2CO_3$$

$$CH_3NH_2 + CO_2 + H_2O \rightarrow CH_3NH_3HCO_3$$

$$\text{циклопентан-1-амин} + HCl \rightarrow \text{циклопентан-1-аминий хлорид}$$

- с растворами солей

$$FeCl_3 + 3CH_3NH_2 + 3H_2O \rightarrow Fe(OH)_3 + 3CH_3NH_3^+Cl^-$$

2. соли аминов

- с щелочами

$$[CH_3-NH_3]Cl + KOH \rightarrow KCl + CH_3NH_2 + H_2O$$

- реакции ионного обмена с солями и кислотами

$$[CH_3-NH_3]Br + AgNO_3 \rightarrow AgBr \downarrow + [CH_3NH_3]NO_3$$

3. с азотистой кислотой

- первичные — в спирты + азот

$$R-NH_2 + HNO_2 \rightarrow R-OH + N_2 + H_2O$$

$$CH_3-NH_2 + KNO_2 + HCl \rightarrow KCl + CH_3-OH + N_2 + H_2O$$

- вторичные - желтое окрашивание

4. получение

- восстановление нитросоединений водородом

$$R-NO_2 + 3H_2 \xrightarrow{Ni} R-NH_2 + 2H_2O$$

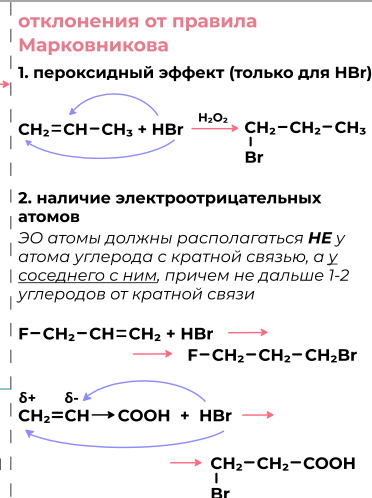
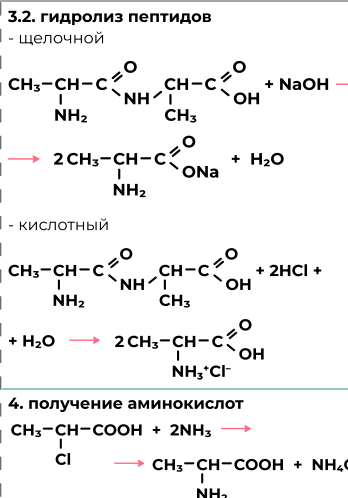
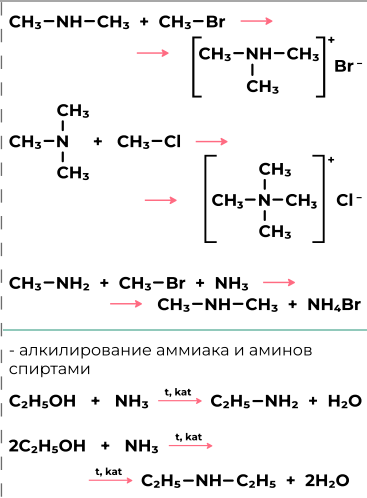
- металлами Fe, Al, Zn, Mg, Sn в кислоте
 $CH_3-NO_2 + 3Fe + 7HCl \rightarrow 3FeCl_2 + [CH_3-NH_3]Cl + 2H_2O$

- металлами Al, Zn в щелочи
 $CH_3-NO_2 + 2Al + 2NaOH + 4H_2O \rightarrow CH_3-NH_2 + 2Na[Al(OH)_4]$

- сульфидом аммония
 $CH_3-NO_2 + 3(NH_4)_2S \rightarrow CH_3-NH_2 + 3S \downarrow + 6NH_3 + 2H_2O$

- алкилирование аммиака галогеналканами
 $CH_3-Cl + NH_3 \rightarrow [CH_3NH_3]Cl$
 $CH_3-Cl + 2NH_3 \rightarrow CH_3-NH_2 + NH_4Cl$

- алкилирование аминов галогеналканами
 $CH_3-NH_2 + CH_3-Br \rightarrow [CH_3-NH_2-CH_3]^+ Br^-$



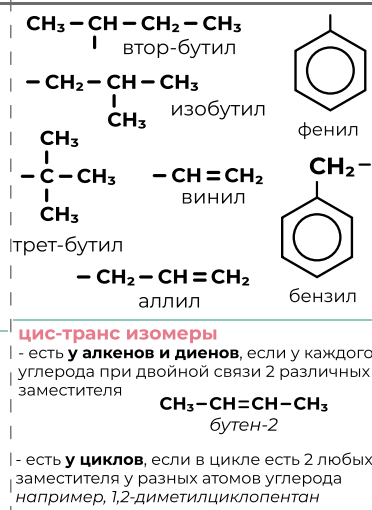
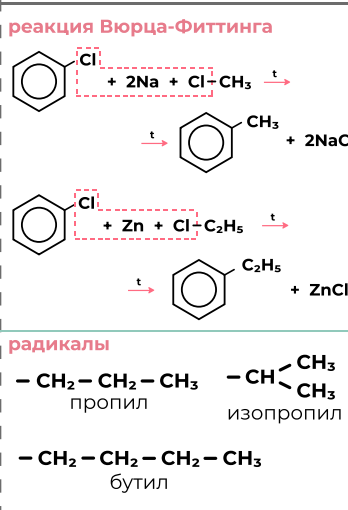
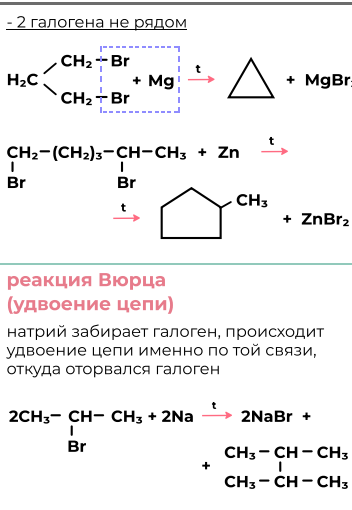
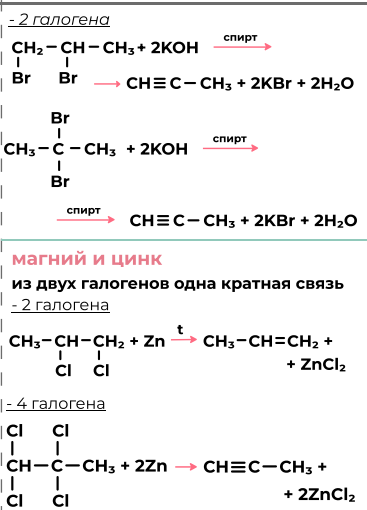
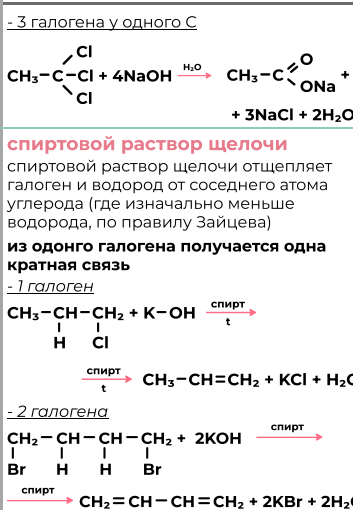
ориентанты
 орто-/пара-
 -R -Hal -OH -NH₂ -NHR -NR₂ -OR

мета-:
 -NO₂ -SO₃H -CHO -COOH -COOR -CCl₃ -CN -NH₃⁺Cl

водный раствор щелочи
 - 1 галоген у одного C
 $C_2H_5Cl + NaOH \xrightarrow{H_2O} NaCl + C_2H_5OH$

- 2 галогена у одного C
 $CH_3-CHCl_2 + 2NaOH \xrightarrow{H_2O} CH_3-C(=O)H + 2NaCl + H_2O$

$CH_3-CCl_2-CH_3 + 2NaOH \xrightarrow{H_2O} CH_3-C(=O)CH_3 + 2NaCl + H_2O$



межклассовые изомеры

C_nH_{2n+2} алканы — нет

C_nH_{2n} алкены — циклоалканы

C_nH_{2n-2} диены — алкины — циклоалкены

$C_nH_{2n+2}O_m$ спирты — простые эфиры

$C_nH_{2n-6}O_m$ фенолы — ароматические спирты

$C_nH_{2n}O$ альдегиды — кетоны (и циклические и неперелые эфиры)

$C_nH_{2n}O_2$ кислоты — сложные эфиры

$C_nH_{2n+3}N$ амины — нет

$C_nH_{2n+1}NO_2$ аминокислоты — нитросоед.

ПОЛИМЕРЫ
Полимеризация

Полимер	Мономер
$\{CH_2-CH_2\}_n$ полиэтилен	$CH_2=CH_2$ этилен
$\{CH_2-CH(CH_3)\}_n$ полипропилен	$CH_2=CH-CH_3$ пропен
$\{CH_2-CH(Cl)\}_n$ поливинилхлорид (ПВХ)	$CH_2=CH-Cl$ винилхлорид (хлорвинил)
$\{CF_2-CF_2\}_n$ политетрафторэтилен (тефлон)	$CF_2=CF_2$ тетрафторэтилен
$\{CH_2-CH(C_6H_5)\}_n$ полистирол	$CH_2=CH-C_6H_5$ стирол

$\{CH_2-CH(CN)\}_n$ полиакрилонитрил (ПАН)	$CH_2=CH-CN$ акрилонитрил
$\{CH_2-CH(COOCH_3)\}_n$ полиметилметакрилат (плексиглас, органическое стекло)	$CH_2=C(COOCH_3)-CH_3$ метилметакрилат (метилловый эфир метакриловой кислоты)
$\{CH_2-CH(OOCCH_3)\}_n$ поливинилацетат (ПВА)	$CH_2=CH-OOCCH_3$ винилацетат

Каучуки

Полимер	Мономер
$\{CH_2-C(CH_3)=CH-CH_2\}_n$ изопреновый каучук (натуральный)	$CH_2=C(CH_3)-CH=CH_2$ изопрен
$\{CH_2-CH=CH-CH_2\}_n$ бутадиеновый каучук	$CH_2=CH-CH=CH_2$ дивинил (бутадиен-1,3)
$\{CH_2-C(CH_3)=CH-CH_2\}_n$ хлорпреновый каучук	$CH_2=C(CH_3)-CH=CH_2$ хлоропрен
$\{CH_2-CH=CH-CH_2-CH_2-CH_2\}_n$ бутадиен-стирольный каучук	$CH_2=CH-CH=CH_2$ бутадиен и стирол

Поликонденсация

Полимер	Мономер
$\{O-(CH_2)_2-O-C(=O)-C_6H_4-C(=O)-\}_n$ фенол-формальдегидная смола	фенол и формальдегид
$\{O-(CH_2)_2-O-C(=O)-C_6H_4-C(=O)-\}_n$ лавсан (полиэтилентерефталат, ПЭТ)	терефталевая кислота и этиленгликоль
$\{NH-(CH_2)_5-C(=O)-\}_n$ капрон (полиамид-6)	6-аминокапроновая кислота капролактам
$\{NH-(CH_2)_6-NH-C(=O)-(CH_2)_4-C(=O)-\}_n$ наилон (полиамид-6,6)	1,6-диаминогексан и адипиновая кислота
$\dots-NH-CH(R)-CO-NH-CH(R')-CO-\dots$ белок	α -аминокислоты

$[C_6H_{10}O_5]_n$ крахмал	глюкоза
$[C_6H_{10}O_5]_n$ целлюлоза	глюкоза
ПРОИЗВОДНЫЕ:	
$[C_6H_7O_2]_n$ тринитрат целлюлозы (пироксилин)	Получают нитрованием целлюлозы
$[C_6H_7O_2]_n$ триацетат целлюлозы	Получают этерификацией целлюлозы с уксусной кислотой или уксусным ангидридом

Волокна
 1. Синтетические
 • лавсан
 • найлон
 • капрон

2. Искусственные
 • ацетатное волокно
 • вискоза
 • целлулоид

3. Природные

Происхождение	Примеры
растительные • хлопок • лен • пенька	минеральные • стекловолкно • асбест
животные • шерсть • шелк	
ПРИРОДНЫЕ	полисахариды, белки, ДНК, РНК, природный каучук, минеральные алмаз, графит, кварц, асбест
ИСКУССТВЕННЫЕ	{ацетатное волокно, ацетатный шелк, целлулоид, вискоза}
СИНТЕТИЧЕСКИЕ	{лавсан, капрон, найлон и прочие полимеры}

ПОЛУЧЕНИЕ	
Установка/аппарат	Процессы
получение серной кислоты	
Печь для обжига	обжиг серосодержащих руд (чаще всего пирита)
Аппарат «Циклон»	очистка печного газа от крупных частиц
Электрофильтр	очистка печного газа от мелких частиц пыли
Сушильная башня	осушение печного газа от примеси паров воды
Теплообменник	нагревание и охлаждение реакционной смеси
Контактный аппарат	окисление оксида серы(IV) $2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$
Поглотительная башня	поглощение SO_3 $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$ (образуется олеум)
получение аммиака или метанола	
Компрессор	сжатие газовой смеси, нагнетание давления
Колонна синтеза	синтез аммиака или метанола

ПОЛУЧЕНИЕ	
Сепаратор	разделение газовой смеси
Циркуляционный процессор	осуществления циркуляции газовой смеси
другое	
Электролизер	электролиз растворов и расплавов
Печь для коксования	коксование угля
Электропечь	восстановление апатитов (белый фосфор)
Доменная печь	выплавка чугуна
Мартеновская печь	переработка чугуна в сталь
Кислородный конвертер	
органика	
Ректификационная колонна	ректификация/перегонка / фракционирование нефти
Установка для крекинга	крекинг нефтепродуктов (алканов)

МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ	
Вещество	Способ промышленной переработки
нефть	ректификация/перегонка/фракционирование
тяжелые нефтяные фракции (мазут, масляная фракция)	1. вакуумная перегонка (вакуумная ректификация) 2. крекинг
бензин	риформинг (ароматизация)
метан	пиролиз (получение сажи или ацетилена)
тяжелые алканы	крекинг (термический или каталитический)
уголь	коксование
древесина	пиролиз (получение древесного угля)
целлюлоза	1. гидролиз (получение глюкозы) 2. обработка уксусной кислотой (получение волокон); азотной кислотой (взрывчатые вещества) 3. брожение

крахмал	гидролиз (получение глюкозы)
жиры	1. Омыление (щелочной гидролиз) 2. Гидролиз (получение глицерина)
жиры жидкие (растительные)	гидрогенизация (гидрирование), получение маргарина
пирит и прочие сульфиды	обжиг
галит (хлорид натрия)	электролиз
оксид алюминия	электролиз в расплаве криолита (получение алюминия)
апатиты, фосфориты	восстановление коксом

смесь	способы разделения
две несмешивающихся жидкости	отстаивание делительная воронка
растворимое тв. вещ-во с нерастворимым	с помощью воды (экстракция)
железо с чем-либо	магнит (магнитная сепарация)
сера с чем-либо	с помощью воды (флотация)
иод с чем-либо	возгонка
жидкая неоднородная смесь нескольких веществ (напр. кровь)	центрифугирование

РАЗДЕЛЕНИЕ СМЕСЕЙ	
смесь	способы разделения
неоднородные	
раствор с осадком (твердое с жидким)	фильтрование отстаивание декантация

однородные	
две смешивающихся жидкости	перегонка (дистилляция, фракционирование, ректификация)
смесь двух газов	фракционная перегонка (фракционирование)
раствор твёрдого вещества	выпаривание охлаждение раствора (кристаллизация)
раствор нескольких веществ (напр., хлорофилл)	хроматография

ТРИВИАЛКИ
Неорганика
 селитры - **нитраты**
 купоросы - **сульфаты**
 галит - **NaCl**
 каустическая сода - **NaOH**
 пищевая (питьевая) сода - **NaHCO₃**
 кальцинированная сода - **Na₂CO₃**
 поташ - **K₂CO₃**
 негашеная известь - **CaO**
 гашеная известь - **Ca(OH)₂**
 известковая вода - **p-p Ca(OH)₂**
 известняк, мрамор, мел - **CaCO₃**
 цинковые белила - **ZnO**
 цинковая обманка - **Zns**
 корунд, бокситы - **Al₂O₃**
 железная окалина - **Fe₃O₄**
 пирит - **FeS₂**
 куприт - **Cu₂O**
 малахит - **(CuOH)₂CO₃**
 плавиковая кислота - **HF**
 сернистый газ - **SO₂**

серный ангидрид - **SO₃**
 веселящий газ - **N₂O**
 бурый газ (лисий хвост) - **NO₂**
 фосфин - **PH₃**
 апатиты, фосфориты - **Ca₃(PO₄)₂**
 фосфорный ангидрид - **P₂O₅**
 угарный газ - **CO**
 карборунд - **SiC**
 силан - **SiH₄**

Органика
 изопрен
 $CH_2=C-CH=CH_2$
 CH_3
 дивинил
 $CH_2=CH-CH=CH_2$
 хлоропрен
 $CH_2=C-CH=CH_2$
 Cl
 винилацетилен
 $CH_2=CH-C\equiv CH$
 ксилолы - диметилбензолы (орто, мета, пара)

