

ORGAANILINE KEEMIA

Lühikonspekt gümnaasiumile

Koostaja: Kert Martma

Tallinn 2005

Suurem osa konspektis sisalduvast õppematerjalist põhineb gümnaasiumi orgaanilise keemia õpikul: **Tuulmets, A. 2002. *Orgaaniline keemia (õpik gümnaasiumile)*. „Avita”, Tallinn.**

Eelnimetatud õpik on ka gümnaasiumi orgaanilise keemia kursuse põhiõpikuks.

Sisukord

Sissejuhatus orgaanilisse keemiasse	4
Alkaanid	6
Halogeeniühendid	10
Alkoholid	13
Amiinid	15
Küllastamata ühendid	16
Areenid	18
Fenoolid ja aromaatsed amiinid	20
Karbonüülühendid	22
Karboksüülhapped	24
Estrid ja amiidid	28
Polümeerid	32
Sahhariidid	33
Valgud	36
Valik harjutusülesandeid orgaanilises keemias	39

SISSEJUHATUS ORGAANILISSE KEEMIASSE

Orgaaniline keemia

- XIX saj. orgaaniline keemia – elus organismidest pärinevate ainete keemia.
- Tänapäeval – **orgaaniline keemia on süsinikühendite ja nende derivaatide keemia.**
- Orgaanilise keemia alguseks võib lugeda 1828. a. kui **F. Wöhler teostas esimese orgaanilise sünteesi** (sai esimese orgaanilise ühendi - uurea).
- Orgaaniliste ühendite arv on sisuliselt lõputu.
- **Orgaanilised ained** – koosnevad peamiselt süsinike ja vesinike aatomitest, aga võivad sisaldada ka hapniku, lämmastiku ja halogeenide aatomeid või heteroaatomitena teiste elementide aatomeid (näiteks: Fe, Na, P, S).

Süsiniku aatom molekulis

- Orgaanilistes ühendites on süsinik **4-valentne** see tähendab, et orgaanilistes ühendites on süsinikul **alati 4 sidet**.
- Lämmastikul 3, hapnikul 2 ja vesinikul 1 side.
- **Süsinikul on võimalik 3 (4) erinevat valentsolekut**, lämmastikul 3, hapnikul 2 ja vesinikul 1 valentsolek.

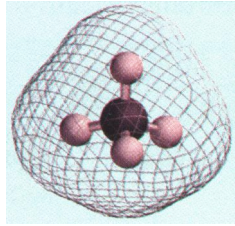
Element	Sidemete arv	Valentsolekud
H	1	H —
O	2	$\begin{array}{c} \diagup \\ \text{O} \\ \diagdown \end{array} \quad \text{O} =$
N	3	$\begin{array}{c} \\ - \text{N} - \end{array} \quad \diagup \text{N} = \quad \text{N} \equiv$
C	4	$\begin{array}{c} \\ - \text{C} - \\ \end{array} \quad \diagup \text{C} = \quad - \text{C} \equiv \quad (= \text{C} =)$

- Orgaanilisi ühendeid pannakse kirja kasutades struktuurivalemeid.

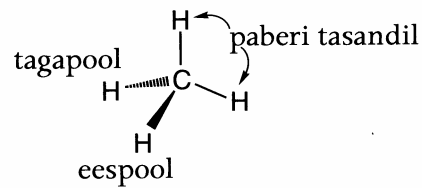
Tetraeedriline süsinik

- Kui süsinikul on neli üksiksidet, siis on need suunatud **tetraeedri tippudesse** kus sidemete vaheline nurk on umbes **109°**. Need neli sidet on **σ-sidemed**. σ-

side võib ühendada ka süsinike aatomeid omavahel. σ -side tekib orbitaalide kattumisel ühes ruumiosas aatomi tuumi ühendaval sirgel.

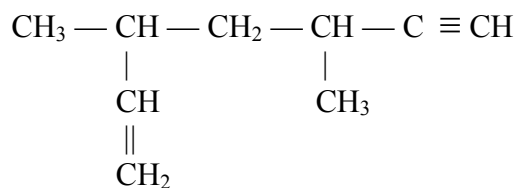


Tetraeedriline süsinik
(molekuli mudel)



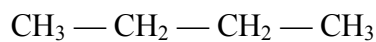
Tetraeedriline süsinik
(ruumiline struktuurvalem)

- **Süsinikahel** – omavahel on seotud mitu C aatomit, mille vahel võib esineda peale üksiksidemete ka kahe- ja kolmekordsed sidemeid (süsinikud ei ole tetraeedrilised).

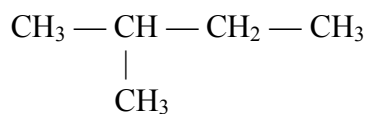


Süsinikahel võib olla:

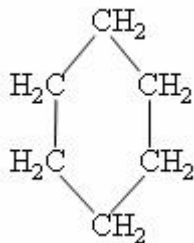
1) hargnemata



2) hargnev



3) tsükliline



Valemid ja struktuurivalemid

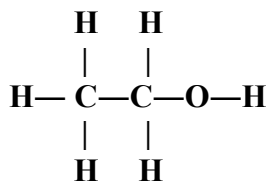
- Aine keemilist koostist kirjeldatakse valemi abil. Orgaanilises keemias on Valemeid on mitut liiki:

- 1) summaarne valem** - näitab kui palju ja milliseid aatomeid on molekulis (näiteks: $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$).

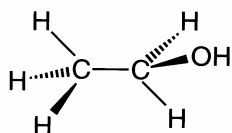
2) **struktuurivalem** - kirjeldab molekuli ehitust.

a) **lihtsustatud struktuurivalem** (näiteks: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ või $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—OH}$)

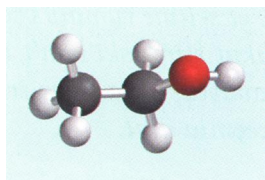
b) **tasapinnaline struktuurivalem**



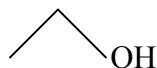
c) **ruumiline struktuurivalem**



d) **molekuli mudel**



e) **molekuli graafiline kujutis**



ALKAANID

1. Sissejuhatus

- **Süsivesinikud** – orgaanilised ühendid, mis koosnevad ainult süsiniku ja vesiniku aatomitest.
- **Alkaanid** – sisaldavad ainult **tetraedrilisi süsinikke** (kõik aatomid on omavahel seotud ühekordsete **σ -sidemetega**).
- **Triviaalsed nimetused** – ühendite nimetused, mis on inimene ühenditele juhuslikult andnud. Need nimetused ei ole süstemaatilised ega väljenda aine keemilist koostist ega struktuuri. Näiteks soogaas, mille süstemaatiline nimetus on metaan (CH_4).

- **Süstemaatilised nimetused** – kajastavad ühendi keemilist struktuuri. Neid on võimalik struktuuri järgi üles märkida.
- **Nomenklatuur** – aine struktuuri ja nimetust siduvate reeglite kogu (IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry).
- Alkaani tunnusteks on järelliide **–aan** (metaan, etaan, propaan, butaan, pentaan jne...). **Sõnatüvi** (met-, et-, prop-, but-, pent-) kirjeldab süsinikahela pikkust.

Alkaan	Nimetus	Sõnatüvi
CH ₄	metaan	met-
C ₂ H ₆	etaan	et-
C ₃ H ₈	propaan	prop-
C ₄ H ₁₀	butaan	but-
C ₅ H ₁₂	pentaan	pent-
C ₆ H ₁₄	heksaan	heks-
C ₇ H ₁₆	heptaan	hept-
C ₈ H ₁₈	oktaan	okt-
C ₉ H ₂₀	nonaan	non-
C ₁₀ H ₂₂	dekaan	dek-
C ₁₁ H ₂₄	undekaan	undek-
C ₁₂ H ₂₆	dodekaan	dodek-
C ₁₃ H ₂₈	tridekaan	tridek-
C ₁₄ H ₃₀	tetradekaan	tetradek-
C ₁₅ H ₃₂	pentadekaan	pentadek-
C ₁₆ H ₃₄	heksadekaan	heksadek-
jne... kuni C ₂₀		
C ₂₀ H ₄₂	eikosaan	eikos-

- Neid võiks meelde jätta kuni kümne süsinikuni.
- **Tüviühend** – pikim süsinikahel. See tuleb nimetust andes kõigepealt üles leida.
- **Alküülrühm** – alkaanist pärit asendusrühm (CH₃-metüül, CH₃CH₂-etüül jne...). Alküülrühma tähistatakse tähega **R-**.
- **Nimetuse andmine:**
 - 1) Kõigepealt tuleb tuvastada pikim ahel (tüviühend).
 - 2) Vaadata kui palju ja missuguseid asendusrühmi on peaaahela (tüviühendi) küljes.
 - 3) Vastavalt reeglitele (jälgides asendusrühmade asukohti) see nummerdada.
 - 4) Fikseerida asendusrühmade asukoht kasutades peaaahela numbreid.

Nummerdamist alustatakse sealt, kus asendusrühmad või kordne side on ligemal või tihedamalt.

- 5) Tuvastada sarnased asendusrühmad.
- 6) Kanda asendusrühmad kindlate reeglite järgi nimetusse.
- 7) Asendusrühmade nimetusse kandmisel tuleb arvestada, asendusrühmade tähtsuse järjekorda ehk vanemuslikust. Olulisemate asendusrühmade tähtsuse järjekord on toodud alljärgnevas tabelis.

Eesliide		Järelliide
-NH ₃ ⁺	—	R-ammoonium ¹
-COOH	karboksü-	-karboksüülhape ²
-COOH	—	-hape ³
-SO ₃ H	sulfo-	-sulfoonhape
-COOR	—	aat ³
-CONH ₂	—	-amiid ³
-CHO	formüül-	-karbaldehüüd ²
-CHO	okso-	-aal ³
-CO-	okso-	-oon ³
-OH	hüdoksü-	-ool
-NH ₂	amino-	-amiin
-NO ₂	nitro-	—
-OR	(alk)oksü-	—
-Cl	kloro-	—

↑
tähtsuse kasv

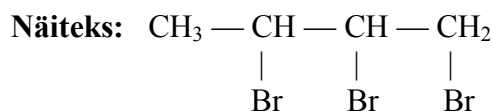
¹ R – tüviühendile vastava rühma nimetus

² kui on seotud tsükliga

³ funktsionaalse rühma süsinik arvatakse tüviühendi koostisse ja saab asendinumbriga

8) Alküülrühmad pannakse omavahel nimetusse tähestikulises järjekorras.

- Sarnastele asendusrühmadele pannakse ette eesliited vastavalt nende arvule (*di-, tri-, tetra-, penta-, heksa-* jne...).

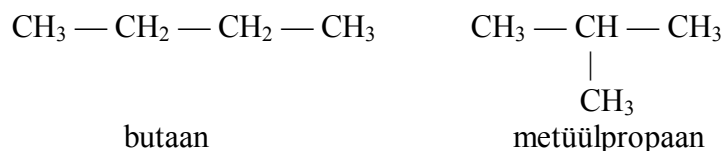


1,2,3-tribromobutaan

2. Isomeeria

- **Isomeeria on nähtus, kus sama kvalitatiivse ja kvantitatiivse koostisega ainetel on erinev keemiline struktuur (aatomite ühinemise järjekord) ja sellest tingitult erinevad omadused.**

Näiteks: butaan ja metüülpropaan. (erinev on ainult ahela kuju ehk struktuur).



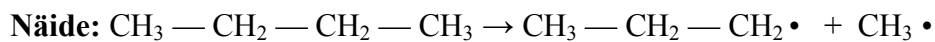
- **Igal ainel on oma kindel struktuur**, mis on määratud aatomite paiknemise järjekorraga molekulis ja nendevaheliste keemiliste sidemetega.
- **Isomeerid** – ühesuguse elementkoostise ja molekulmassiga, kuid erineva struktuuriga ained.
- Orgaaniliste ainete **füüsikalised**, (sulamistemperatuur, keemistemperatuur, tihedus) **keemilised** (reaktsioonivõime, lahustuvus) ja **füsioloogilised** (toime elusorganismidele) omadused sõltuvad oluliselt aine struktuurist.

3. Alkaanide omadused

- **Füüsikalised omadused:** Süsinikahela pikenedes kasvavad molaarmass, tihedus, ning sulamis- ja keemistemperatuur. Vastavalt süsinikahela pikkusele võivad alkaanid olla nii gaasilised, vedelad kui ka tahked (vt. tabel). Vedelas või tahkes olekus on nad veest kergemad. Vees enamasti ei lahustu. Tahked alkaanid on hüdrofoobsed (ei märgu veega).

Süsinike arv	Aine olek
1 - 4	gaasiline
5 - 15	vedel
16 - ...	tahke

Keemilised omadused: Alkaanid on väga vähe reaktsioonivõimelised. See tuleneb C — C ja C — H sideme (σ -sideme) suurest püsivusest. Selle sideme lõhkumiseks on vaja palju energiat. Sigma sideme lagunemisel tekivad vabad radikaalid, mis on kõrge energiaga osakesed (omavad üksikud elektroni) ja püüavad oma üksiku elektroni igal võimalusel ühendada teise osakese elektroniga, et tekiks elektronpaar, sest nii tekib stabiilne (madalama energiaga) osake.



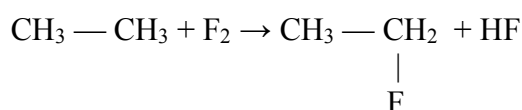
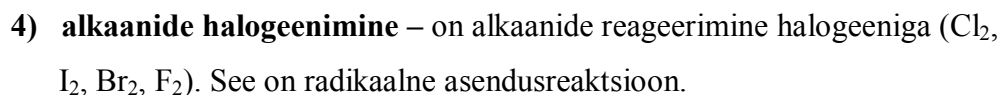
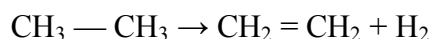
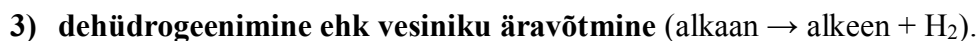
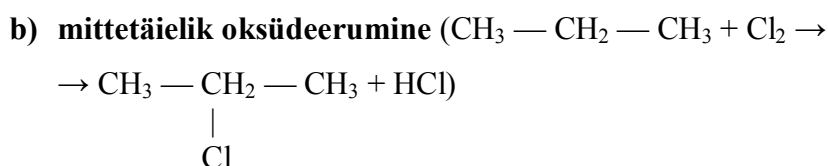
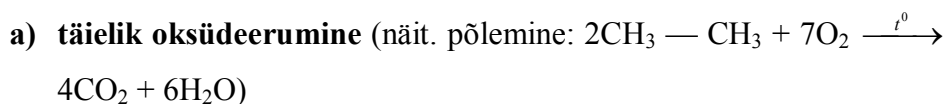
butaan

propüülradikaal metüülradikaal

Radikaal – osake, millel on üksik paardumata elektron. On väga reaktsioonivõimeline. Ta on kõrge energiaga osake ja püüab igal võimalusel ühendada end teise elektroniga.

Toatemperatuuril on alkaanid oksüdeerijate suhtes püsivad, ei reageeri ka enamike kontsentreeritud hapete ja leelistega. Tüüpilised reaktsioonid alkaanidele on:

1) oksüdeerumine



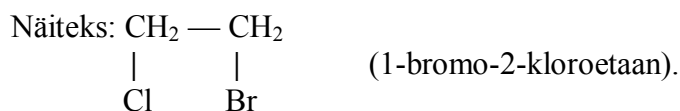
Füsioloogilised omadused: alkaanidel (eriti aurudel või gaasilistel alkaanidel) on tugev narkootiline toime. Suurtes kogustes kahjustavad kesknärvisüsteemi ja võivad olla isegi surmavad. Nahale võivad alkaanid mõjuda ärritavalt ja samuti on ohtlik ka nende sissevõtmine (bensiin). Tahketena on nad suhteliselt ohutud (ei lahustu veres ega vees). Tahkeid alkaane (parafiini) kasutatakse toiduaine-tööstuses ja meditsiinis.

HALOGEENIÜHENDID

1. Sissejuhatus ja nimetused

- **Halogeeniühendid** – on orgaanilised ühendid, milles süsiniku aatom(id) on seotud ühe või mitme halogeeni (Br, Cl, F, I) aatomiga.

- **Nimetamine** on sarnane hargnenud ahelaga alkaanide nimetamisele. Asendusrühmadeks on siin aga **halogeeni aatomid**. Nimetused on vastavalt **fluoro-, kloro-, bromo-, ja jodo-**. Nimetamisel pannakse **halogeeniaatomid omavahel tähestikuliselt järjekorda**.



2. Ahela- ja asendiisomeerid

- **Ahela-isomeerid** – erinevad üksteisest süsinikahela ehituse poolest (asendusrühmade asukoht jääb samaks).
- **Asendiisomeerid** – erinevad üksteisest asendusrühma (näiteks halogeeni aatomi) paigutuse poolest.

3. Halogeeniühendite omadused ja struktuur

- **Füüsikalised omadused:** enamuses on vedelikud või tahkised, ainult vähesed on toatemperatuuril gaasid. Nad ei lahustu vees (hüdrofoobsed) kuna ei moodusta vesiniksidemeid. Tihedus on üpris suur (enamus on veest raskemad).
- **Füsioloogilised omadused:** Elusorganismidele on enamus halogeeniühendeid mürgised ja mõned isegi väga mürgised. Lenduvad halogeenid on narkootilise toimega. Organismis põhjustavad kesknärvisüsteemi ja maksa kahjustusi.
- **Struktuur:** kui süsiniku ja vesiniku elektronegatiivsused olid suhteliselt sarnased, siis **süsiniku ja halogeeniaatomite** elektronegatiivsused on väga erinevad => **elektronpaar on tõmmatud halogeeni poole** (halogeeni elektronegatiivsus on suurem) ja tekib **polaarne kovalentne side**. Nii halogeeniaatomile kui ka süsiniku aatomile tekivad peale **osalaengud**. Süsinikul tekib positiivne osalaeng (δ^+) ja halogeenil negatiivne osalaeng (δ^-). Näiteks: $\text{H}^{\delta+}-\text{Cl}^{\delta-}$. Osalaengud näitavad elektronide jaotust molekulis.

4. Elektroofilid ja nukleofiilid

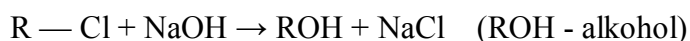
- **Mittepolaarse sideme** katkemisel jaotuvad elektronid võrdselt (alkaanides), **polaarse sideme** katkemisel aga ebaühtlaselt (HCl, halogeeniühendid). Ebaühtlane jaotus tähendab seda, et elektronegatiivsem partner (Cl, F, I, Br) haarab endale terve elektronpaari ja saab negatiivse laengu (ta on **nukleofiil**). Teisele partnerile jääb aga tühi orbitaal ja positiivne laeng (ta on **elektrofiil**).
- **Elektrofiil** – tühja orbitaali, positiivse laenguga või osalaenguga osake. Ta on elektronide vaene. Ta võtab igal võimalusel endale elektrone.
- **Nukleofiil** – vaba elektronpaariga osake või kannab negatiivset laengut või osalaengut. Ta on elektronide poolest rikas. Ta otsib kohta kuhu elektrone panna (otsib vaba orbitaali ehk elektrofiili).
- **Elektrofiilne tsenter** – aatom, millel on elektrofiili tunnused.
- **Nukleofiilne tsenter** – aatom, millel on nukleofiili tunnused.
- **Nukleofiil ühineb elektrofiiliga. Mitte kunagi ei ühine elektrofiil elektrofiiliga ja nukleofiil nukleofiiliga.**
- **Reaktsioon saab endale nime ründava osakese („partneri”) järgi.** Näiteks nukleofiilses asendusreaktsioonis on ründavaks osakeseks nukleofiil.

5. Nukleofiilne asendusreaktsioon



- **Nukleofiilne asendusreaktsioon** – ründav osake on nukleofiil. Reaktsioonitsenter on elektrofiilne tsenter. Ründav osake on tugevam nukleofiil kui lahkuv rühm. Lahkuv rühm eraldub nukleofiilina.

- **Näiteid nukleofiilsete asendusreaktsioonide kohta:**



R – suvaline radikaal (näiteks: $\text{CH}_3 - \text{CH}_2$ jne...)

- **Elektrofiilne asendusreaktsioon** – vastupidiselt eelmisele. Ründav osake on elektrofiil. Reaktsioonitsenter on nukleofiilsus tsenter. Lahkuv rühm eralduv elektrofiilina.

ALKOHOLID

1. Sissejuhatus

- **Alkohol** – orgaaniline ühend, mille tetraeedrilise süsiniku aatomi juures on üks vesinik asendatud hüdroksüülrühmaga (— OH).
- **Funktsionaalne rühm** – annab ühendiklassile tema põhilised omadused. Ta on kõige kergemini muunduv osa. Võib osaleda paljudes reaktsioonides. Alkoholi puhul on selleks **hüdroksüülrühm** (— OH).
- **Hüdroksüühend** – ühendid, mis sisaldavad hüdroksüülrühma.
- **Mitmehüdroksüülne alkohol** – kui alkoholi molekulis on mitu hüdroksüülrühma, mis asuvad erinevate süsiniku aatomite juures.

2. Nimetamine

- Alkoholidel on **järelliide *–ool***.
- Järelliide näitab **ühendi kuuluvust ühte või teise klassi**.
- **Näiteid nimetustest:**
 $\text{CH}_3 \text{— CH}_2 \text{— CH}_2 \text{— OH}$ (propaan-1-ool),
 $\text{HO—CH}_2 \text{— CH}_2 \text{— OH}$ (etaan-1,2-diool),
 $\text{HO—CH}_2 \text{— CH}_2 \text{— CH}_2 \text{— CH}_2 \text{— CH}_2 \text{— CH}_2 \text{— OH}$ (heksaan-1,6-diool).

3. Struktuur ja omadused

- Alkoholis on hapnikuaatomil **kaks vaba elektronpaari**, kaks elektroni on kasutatud sidemeks C ja H-ga. **Hapnik on nii C-st kui H-st elektronegatiivsem**. Hapnik tõmbab elektronpaari nii süsinikult kui vesinikult. Hapnik saab negatiivse osalaengu ja nii süsinik kui ka vesinik saavad positiivse osalaengu. **Siit järeldub, et alkoholis on nukleofiilseks tsentriks hapnik ja elektrofiilseteks tsentriteks vesinik ja süsinik**.
- **Alkohol** on võimeline moodustama **vesiniksidemeid**.
- **Füüsikalised omadused:** Füüsikalised omadused on määratud vesiniksidemete moodustamise võimalustest ja süsivesiniku ahelast. Alkoholidel on hea lahustuvus vees e. hüdrofiilsus (vesiniksidemed) ning madal keemistemperatuur (madalam kui veel).

- **Keemilised omadused:**

Oksüdeerumine

Alkoholide oksüdeerumisel saadakse:

- a) aldehüüde
- b) ketoone
- c) karboksüülhappeid

Alkoholide kiirel oksüdeerumisel ehk põlemisel tekivad CO_2 ja H_2O .



- alkoholid võivad astuda nukleofiilsetesse asendusreaktsioonidesse (lahkuvaks rühmaks oleks siis hüdroksiidioon). Hüdroksiidioon on aga sedavõrd tugev nukleofiil, et raske on leida teist nukleofiili, mis teda välja tõrjuks, mistõttu ei ole nukleofiilne asendusreaktsioon alkoholide puhul tüüpiline.

4. Alkohol kui hape

- Alkoholide reageerimisel leelismetallidega (Na, K, Li) eraldub vesinik ja tekib vastava alkoholi sool – **alkoholaat** ($2\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH} + 2\text{Na} \rightarrow 2\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{ONa} + \text{H}_2\uparrow$). Analoogne happe reageerimisele metalliga ($2\text{HCl} + 2\text{Na} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{H}_2\uparrow$). Siit järeldub, et alkohol on nagu hape ja alkoholaat on alkoholi sool. Alkohol on väga nõrk hape (nõrgem hape kui vesi). Vaata hapete tugevusi lk 25.

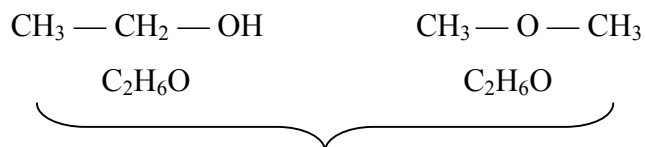
5. Alkoholide esindajaid

- **Metanool (CH_3OH)** e. puupiiritus – laborites kasutatakse lahustite koostisena. Väga mürgine.
- **Etanool ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$)** e. piiritus – väga palju kasutatakse lahustites ja orgaanilistes sünteesides. Samuti kasutatakse etanooli ka alkoholitööstuses alkoholsete jookide valmistamiseks.
- **Etaandiool ($\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$)** – kõrge keemistemperatuur, hea lahutuvus ja madal külmumistemperatuur. Kasutatakse antifriiside (automootorite jahutussegud) koostises.
- **Alkoholide füsioloogilised omadused:** narkootiline toime, alkoholide põlemise vaheühendid võivad olla väga mürgised (kesknärvisüsteemi kahjustused), pikema ahelaga alkoholid tekitavad pöördumatuid

nägemisorganite kahjustusi. **Väga mürgine on metanool** (imendub kergesti ka läbi naha).

6. Eetrid

- **Eeter** – üldvalem on $R-O-R$. On ühendid, kus hapniku aatomiga on seotud ühesugused või erinevad süsivesinikerühmad (radikaalid).
- **Eetrid on alkoholide funktsiooniisomeerid.**



Isomeerid, sest summaarne valem on sama

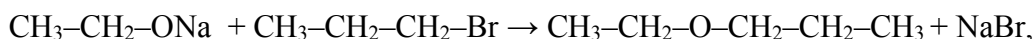
- **Nimetused** – $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ (dietüüleeter),
 $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ (etüülpropüüleeter).

- **Füüsikalised omadused:**

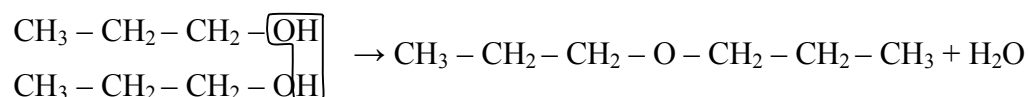
- 1) vees lahutuvad väga halvasti (ei saa moodustada vesiniksidemeid),
- 2) on väga lenduvad. On head lahustid paljudele orgaanilistele ainetele.

- **Eetrite saamine:**

- 1) alkoholaadi ja halogeeniühendi reageerimisel:



- 2) sümmeetrilisi eetrid saadakse: 2 alkoholi $\rightarrow$ eeter + H_2O .



AMIINID

1. Amiinid ja nende nimetused

- **Amiinid** – on NH_3 derivaadid, kus üks või mitu H-d on asendunud radikaalidega.
- **Amiinid on orgaanilised alused.**
- **Nimetuse andmisel** loetletakse lämmastikuga seotud rühmad ja lisatakse lõppu **järelliide –amiin**.

Näited:



$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ – etüülpropüülamiin,
 $\text{NH}_2 - \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2$ – butaan-1,4-diamiin või 1,4-diaminobutaan.

- **Nimetuste andmisel võib asendusnomenklatuuri kohaselt animorühma tähistada ka eesliitega *amino-*.**

Näited:

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2$ – aminoetaan,

$\text{H}_2\text{N} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$ – aminoetanool.

2. Keemilised omadused

- Kuna lämmastik on elektronegiivsem kui süsinik ja vesinik, siis elektronid on nihutatud lämmastiku aatomi poole ja tekib osalaeng δ^- . Järelikult **nukleofiilne tsentner asub lämmastiku aatomil. Amiinid on alused**. Nad on oma tugevusest võrreldavad ammoniaagiga.
- **Happed on ained, mis võivad loovutada prootoneid ja alused on ained, mis võivad siduda prootoneid.**
- **Amiini reageerimine happega:**
 $\text{R}-\text{NH}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{R}-\text{NH}_3^+ \text{Cl}^-$.

3. Füüsikalised omadused

- **Amiinidel on N peal olev δ^- väiksem kui O-l ja sellepärast on amiinidel H-sidemed nõrgemad.**
- Lühikese ahelaga amiinid lahustuvad vees hästi (vesiniksidemed).
- Pikema ahelaga amiinid lahustuvad väga halvasti.

KÜLLASTUMATA ÜHENDID

1. Alkeenid ja alküünid

- **Küllastumata ühend** – alkaanid on küllastunud ühendid. Alkeenid ja alküünid on küllastumata ühendid. Küllastumata ühenditel on lisaks σ -sidemele ka üks või kaks π -sidet.
- **Alkeenid** – süsinikuvahelise kaksiksidemega ühendid. Näiteks: $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$ (propeen).

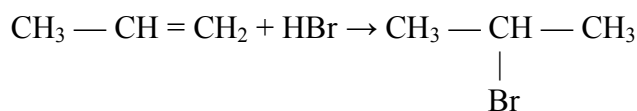
- **Alküünid** – süsinikuvahelise kolmiksidemega ühendid. Näiteks: $\text{CH} \equiv \text{C}-\text{CH}_3$ (propüün).
- **Kaksikside** – üks σ -side + üks π -side.
- **Kolmikside** - üks σ -side + kaks π -sidet.
- Kaksiksidet moodustavad süsiniku aatomid ja nendega seotud muud aatomid asuvad kõik ühes tasapinnas. Nad on planaarsed ($\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C} = \\ \diagdown \end{array}$).
- Kolmiksidemega seotud süsiniku aatomid ja nendega seotud aatomid asuvad ühel sirgel. Nad on lineaarsed ($-\text{C} \equiv$).
- **π -side on palju nõrgem kui σ -side $\Rightarrow$ alkeenid ja alküünid on väga reaktsioonivõimelised.**

2. Nimetamine

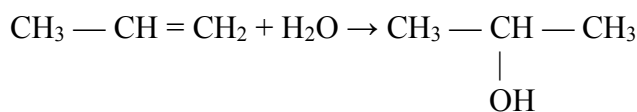
- Alkeeni tähistab järelliide **-een** (eteen) ja alküüni tähistab järelliide **-üün** (etüün).
- **Nimetamisel märgitakse ka ära kordse sideme asukoht.**
- **Peaahel võetakse kordse sideme järgi.** Pea ahel peab sisaldama võimalikult palju kordseid sidemeid.
- Näiteid:
 $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ – but-1-een.
 $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3$ – penta -1,3-dieen.
 $\text{CH} \equiv \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ – but-1-üün.
 $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3$ – heksa -1,5-dieen-3-üün.
 $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{Cl}$ – 4-klorobut-1-een.
 $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{OH}$ – 5-hüdroksüpenta -1,3-dieen.

3. Keemilised omadused

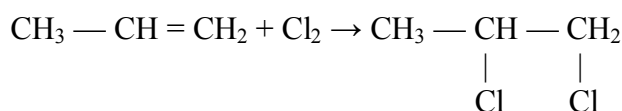
- **Kaksik või kolmikside on nukleofiilne tsenter.**
- **Markovnikovi reegel** – elektrofiilne osake (nt H^+) ühineb enam hüdrogeenitud (seal kus on rohkem vesinikku) süsiniku aatomiga, ning nukleofiilne (nt Cl) osake ühineb vähem hüdrogeenitud (seal kus on vähem vesinikku) süsiniku aatomiga.
- **Küllastumata ühenditele iseloomulikke reaktsioone:**
 - 1) Vesinikhalogeniidi liitumine (Markovnikovi reegel).



2) Vee liitumine (Markovnikovi reegel).

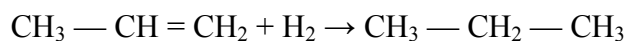
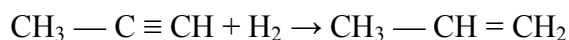


3) Halogeeni liitumine.

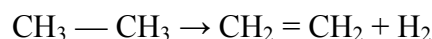


4) Oksüdeerumine (vastavalt temperatuurile võivad tekkida nii dioolid kui aldehüüdid).

5) **Hüdrogeenimine** – vesiniku liitmine alkeenile või alküünile. Katkeb üks π -side ja tekib a) alküünist alkeen, b) alkeenist alkaan.

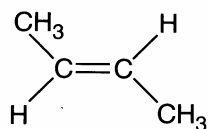


6) **Dehüdrogeenimine** – hüdrogeenimise pöördprotsess. Vesiniku äravõtmine. Tekib π -side.

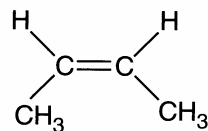


4. Isomeeria

- Lisaks ahela- ja asendiisomeeriale on alkeenides ja tsüklilistes ühendites veel **cis-, trans-isomeeria**. See tuleneb asendusrühmade erinevast asetusest kordse sideme või tsükli tasapinna suhtes.



trans-but-2-ene



cis-but-2-ene

AREENID

1. Aromaatset ühendid

- Benseen** – üldvalem C_6H_6 . Tsükliline. 1,5 kordsed sidemed. Kogu benseeni süsiniku aatomite tsüklil on **ühine π -elektronide pilv**. **Benseeni molekuli struktuur on aromaadne struktuur.**



lihtsustatud
(klassikaline)



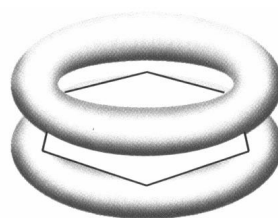
poolteisekordsete
sidemetega



sümboolne

Benseeni struktuuri kujutamisel on mitu võimalust. Kõige rohkem kasutatakse esimest ja viimast varianti.

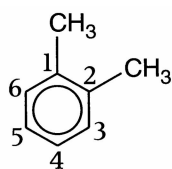
- **Aromaatne ring e. aromaatne tuum** – aromaatses tuumas on tervet tsüklit (tuuma) hõlmav ühine π -elektronide pilv (vt joonist). Aromaatne ring on tasapinnaline.



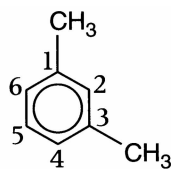
- **Heterotsükklilised ühendid** – kui aromaatses ringis on peale süsinike ja vesinike veel ka teisi aatomeid (heteroaatomeid).
- **Areenid** – aromaatsete ühendite üldnimetus.
- **Arüülrühm** – areenist moodustunud asendusrühm.
- **Fenüül** – benseenist moodustunud asendusrühm.

2. Nimetamine

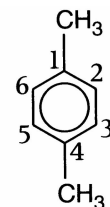
Näiteid aromaatsete ühendite nimetamisest:



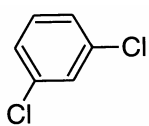
1,2-dimetüülbenseen



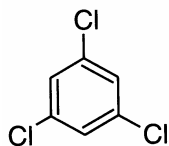
1,3-dimetüülbenseen



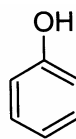
1,4-dimetüülbenseen



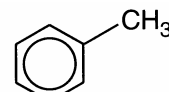
1,3-diklorobenseen



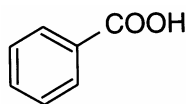
1,3,5-triklorobenseen



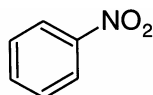
hüdroksübensoen
(fenool)



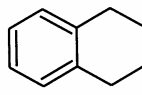
metüülbenseen
(tolueen)



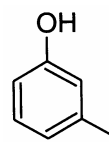
bensoehape



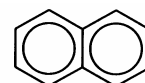
nitrobensoen



1,2-dietüülbenseen



3-metüülfenool



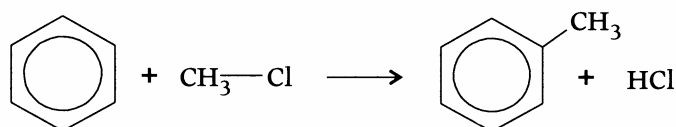
naftaleen

2. Omadused

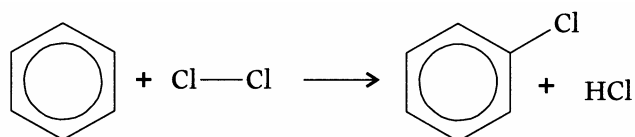
- **Füüsikalised omadused:** vedelikud või kristalsed ained. Asendamata areenid ei lahustu vees, küll aga mittepolaarsetes lahustites (eeter). Benseen lahustab hästi vaigusi, rasvu ja teisi vähepolarseid aineid.
- **Füsioloogilised omadused:** aromaatsel süsivesinikel on narkootiline toime. Suurema koguse sissehingamisel tekivad krambid. Halvimal juhul võib see lõppeda ka äkksurmaga. Pidev kokkupuude kahjustab närvisüsteemi. Aromaatsed süsivesinikud mõjuvad ärritavalt ka nahale.
- **Keemilised omadused:** aromaadne ring (tuum) on **suhtelisel püsiv** ja keemiliselt vastupidav (näiteks oksüdeerijate suhtes). Tüüpiline reaktsioon aromaatsel tuumale on **elektrofiilne asendus**, kus aromaadne tuum on ise **nukleofiilne tsenter**.

Näiteid reaktsioonidest:

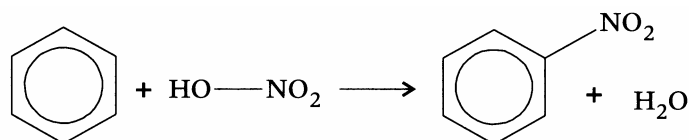
- 1) **alküülimine** (alküülrühma viimine benseeni tuuma, katalüsaatoriks on AlCl_3),



- 2) **halogeenimine** (halogeeni liitmine, katalüsaatoriks on AlCl_3),



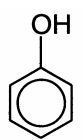
- 3) **nitreerimine** (nitrorühma liitmine). Reageerimisel lämmastikhappega (katalüsaatoriks on H_2SO_4) tekivad nitroühendid.



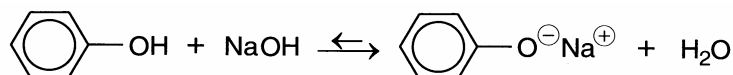
FENOOLID JA AROMAATSED AMIINID

1. Fenoolid. Nende struktuur ja omadused

- **Fenoolid** – hüdroksüareenide üldnimetus. Fenoolina võime me kutsuda vaid hüdroksübenseeni (benseeni tuuma küljes on —OH rühm).



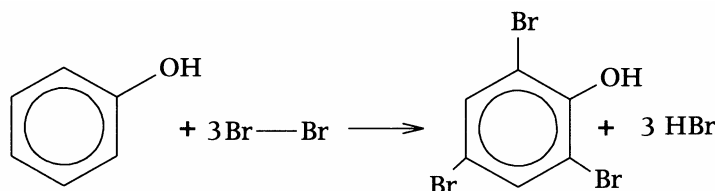
- **Fenoolid ja alkoholid kuuluvad ühisesse hüdroksüühendite klassi.**
- Tänu hüdroksüülrühma ja aromaatsse tuuma vastastikmõjult, on **fenoolid palju tugevamad happed kui alkoholid. Vaata hapete tugevusi lk 25.**
- **Fenoolide reageerimisel leelismetallidega ja leelisega tekib sool (fenolaat):**



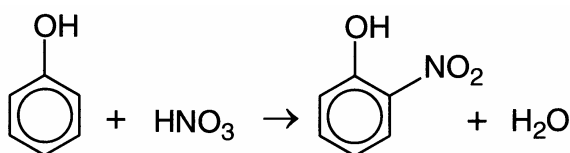
- **Fenoolides** on π -elektronide delokalisatsioon (laialimäärimine). See stabiliseerib energeetiliselt osakest ja seepärast ongi fenoolid tugevamad happed kui alkoholid.
- **Fenoolid on palju reaktsioonivõimelisemad kui benseen.**

Näiteid reaktsioonidest:

1) Halogeenimine

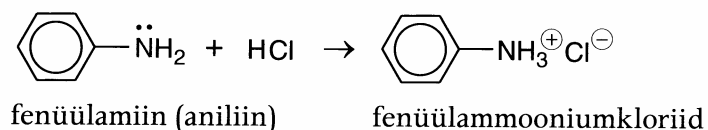


2) Nitreerimine



2. Aromaatsed amiinid. Nende struktuur ja omadused

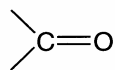
- **Aromaatsed amiinid** – aromaatsse tuumaküljes on aminorühm. Kõige lihtsam aromaatsne amiin on aniliin (aromaatsse tuuma küljes üks aminorühm).
- Aromaatsed amiinid on alused. π -elektronpilv on delokaliseeritud nagu fenoolidelgi.
- Aromaatsed amiinid nagu kõik amiinid **regeerivad hapetega ja oksüdeeruvad kergesti:**



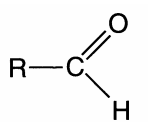
KARBONÜÜLÜHENDID

1. Aldehüüdid ja ketoonid

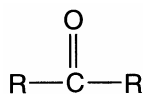
- **Karbonüülühendid** – ühendid, mis sisaldavad karbonüülrühma



- **Aldehüüdrühm** – karbonüülrühm on seotud ühe süsiniku ja ühe vesiniku aatomiga.



- **Aldehüüdid** – aldehüüdrühma sisaldavad ained.
- **Ketorühm** – karbonüülrühm on seotud kahe süsiniku aatomiga.



- **Ketoonid** – ained, mis sisaldavad ketorühma.
- **Aldehüüdid ja ketoonid on karbonüülühendid. Nad on funktsiooniderivaadid.**

2. Nimetamine

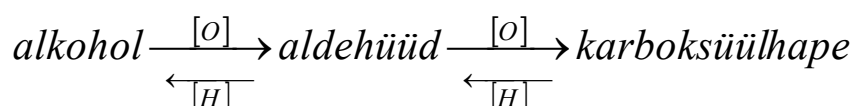
- Aldehüüdide tunnuseks on järelliide **-aal**. See liide lisatakse tüviühendi nime lõppu. Näide: $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CHO}$ (propanaal), $\text{CH}_3 - \text{CHO}$ (etanaal).
- Ketoonide tunnuseks on järelliide **-oon**. See liide lisatakse tüviühendi nime lõppu, kusjuures **märgitakse ära ka ketorühma asukoht** (nagu alkoholidel).



3. Struktuur ja keemilised omadused

- Kaksiksideme tõttu (süsiniku ja hapniku vahel) **sarnanevad alkeenidega**.
- Nagu alkeenidelegi on ka karbonüülühenditele **iseloosulikulid liitumisreaktsioonid** (liitumine alkoholiga).
- Kuna hapnikul on suurem elektronegatiivsus kui süsinikul, siis **karbonüülrühma hapnikul asub nukleofiilne tsenter (δ^-) ning süsinikul elektrofiilne tsenter (δ^+).**

- Kuna süsiniku oksüdatsiooniaste aldehyüdrühmas on +I, siis võivad karboksüülühendid nii redutseeruda kui oksüdeeruda.
- **Redutseerumisel tekkivad alkoholid** (samuti on alkoholide oksüdeerumisel võimalik saada aldehyüde või ketoone), aldehyüdide **oksüdeerumisel aga karboksüülhapped**. Ketoonid on oksüdeerumise suhtes üpris vastupidavad.



- **Aldehyüdid on reaktsioonivõimelisemad kui ketoonid** (reaktsioonid kulgevad kiiremini).

4. Füüsikalised omadused

- Enamik aldehyüde ja ketoone on **kergesti lenduvad vedelikud**.
- Metanaal, etanaal ja propaanaal lahustuvad vees väga hästi kui **süsinikahela pikenedes lahustuvus väheneb**.

5. Füsioloogilised omadused

- Aldehyüdid ja ketoonid on **narkootilise toimega ja kahjustavad kesknärvisüsteemi**. Mõjuvad ärritavalt limaskestale.

6. Esindajaid

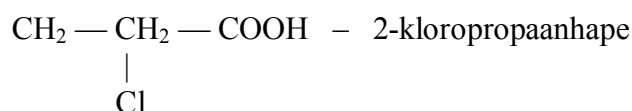
- Metanaal e. formaldehyüd – mürgine gaas, vesilahus on desinfitseerimisvahend.
- Etanaal e. atseetaldehyüd – toatemperatuuril keev mürgine vedelik.
- Bensaldehyüd – mandlilõhnaline vedelik. Kasutatakse maitse- ja lõhnaainena.
- Propenaal – kergesti lenduv vedelik. Tugev lakrimaator (ärritab nina ja silmi ning kutsub esile rohket pisarate voolu). Tekib näiteks rasva kõrvetamisel.
- Propanoon e. atsetoon – mürgine vedelik. Väga hea orgaaniline lahusti.

KARBOKSÜÜLHAPPED

1. Saamine ja nimetamine

- **Karboksüülhapped** – karboksüülrühma ($-\text{COOH}$ funktsionaalrühmana) sisaldavad orgaanilised ühendid.
- **Saadakse:** aldehüüdide oksüdeerumisel – $\text{CH}_3-\text{CHO} \rightarrow$ (oksüdeerumine) CH_3-COOH .
- **Nimetamine:** tavaliselt lisatakse tüviühendi nimetusele lõppu **-hape** (kui karboksüülrühmi on kaks, siis **-dihape**). Karboksüülrühma süsinik loetakse tüviühendi ahelasse.

Näited: $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ – butaanhape



$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ – butaan-1,4-dihape

Karboksüülhappe aniooni nimetuse andmisel asendatakse järelliide **-hape** järelliitega **-aat**. **Näiteks:** $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{COO}^-$ (propanaatioon) nagu SO_3^{2-} (sulfaatioon).

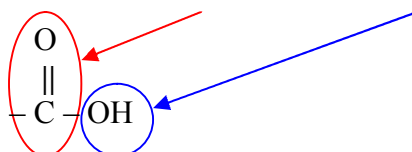
Vastava happe soola nimetatakse näiteks: $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{COONa}$ (naatriumpropanaat).

- Kuna paljud orgaanilised happed on keeruka struktuuriga ja nende nimetused tuleksid liiga pikad, siis kasutatakse nende **triviaalnimetusi**. Näiteks: piimhape, sipelghape (metaanhape), äädikhape (etaanhape).

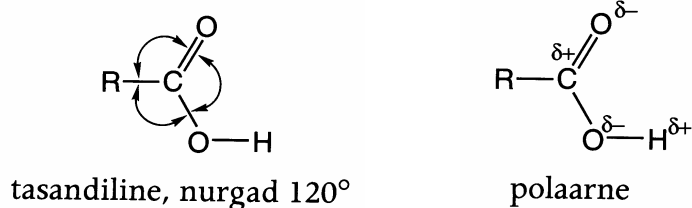
2. Struktuur

- **Karboksüülhapete funktsionaalrühm on karboksüülrühm ($-\text{COOH}$ või**

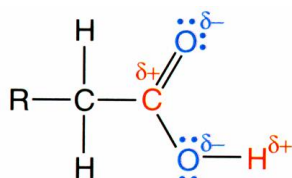
$\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$). Karboksüülrühm = karbonüülrühm + hüdroksüülrühm.



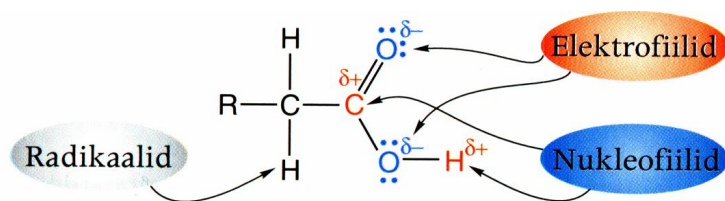
- **Karboksüülrühmas on polaarsed sidemed** ja sidemete vaheline nurk on 120° . Ruumilise paigutuse poolest on karboksüülrühm planaarne (st. aatomid paiknevad ühes tasapinnas).



- Osalaengud jagunevad karboksüülrühmas järgmiselt:



- Erinevad reagentid (ühendid, mis liituvad karboksüülrühmas olevatesse reaktsioonitsentritesse) liituvad järgmiselt:



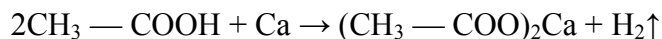
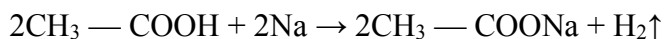
3. Karboksüülhapete omadused

- **Keemilised omadused:** kõige tähtsam omadus on happelisus. Nii nagu teistelegi hapetele, kehtivad ka karboksüülhapetele hapete üldised omadused. Karboksüülhapped annavad lahusesse vesinikioone (prootoneid), aga palju kordi vähem kui tugevad anorgaanilised happed (HNO_3 , H_2SO_4 , HCl jt.). **Karboksüülhapped on väga nõrgad happed võrreldes anorgaaniliste hapetega.**

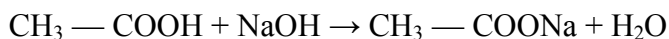
Hapete tugevus kasvab ↓	ALKOHOL
	VESI
	FENOL
	SÜSIHAPE
	KARBOKSÜÜLHAPE
	PALJUD ANORGAANILISED HAPPED (HCl , H_2SO_4 , HNO_3)

Karboksüülhapped reageerivad:

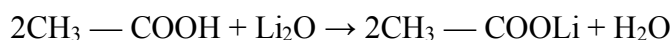
- 1) aktiivsete metallidega (leelismetallid), tekib sool,



- 2) alustega (tekib sool),



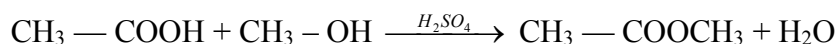
- 3) aluselist oksiididega (tekib sool),



- 4) nõrgemate hapete sooladega (tekib sool).



- 5) alkoholidega (tekib ester),



Karboksüülhapete reaktsioonidel võime me saada: estreid, halogeniide, amiide, sooli jt.

- **Füüsikalised omadused:** karboksüülhapete molekulidel on võime moodustada vesiniksidemeid. Keemistemperatuur on suhteliselt kõrge. Väikese ahelaga karboksüülhapped lahustuvad vees hästi, aga ahela pikenedes lahustuvus väheneb.
- **Füsioloogilised omadused:** karboksüülhapped võivad olla sadu kordi mürgisemad kui anorgaanilised happed.

4. Karboksüülhapete esindajaid.

- **Asendamata karboksüülhapped (radikaalis ei esine asendusrühmi):**

Metaanhape e. sipelghape (HCOOH) – terava lõhna ja ärritava toimega mürgine vedelik. Looduses leidub nõrgestes, sipelgates. Kasutatakse keemiatööstuses, kahjuritõrjeks.

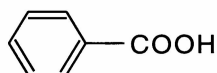
Etaanhape e. äädikhape (CH₃COOH) – ei ole mürgine. Kasutatakse toiduainetööstuses (söögiäädikas – 30%-ne äädikhape lahus), keemiatööstuses (lahustina).

Rasvhapped – on looduslike rasvade koostises olevad monohapped, milles on üle nelja paarisarv süsiniku aatomi. Rasvhapped võivad olla nii küllastunud

kui küllastumata. Rasvhapete soolad lahustuvad hästi vees. Rasvhapete soolasid (alates 6 süsinikuga) nimetatakse **seepideks**.

Dihapped – tuntuim on etaandihape e. oblikhape (HOOC-COOH). Oblikhape on mürgine (sadestab organismis Ca^{2+}). Dihappeid leidub looduses palju.

Bensoehape e. benseenkarboksüülhape – kasutatakse keemiatööstuses, toiduainetööstuses säilitusainena E210.



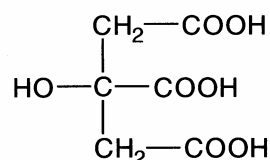
- **Asendatud karboksüülhapped:**

Piimhape e. 2-hüdroksüpropanhape – tekib lihastes suure koormusega töötamisel, aga samuti ka mikroobide elutegevuse jääkainena.

Õunhape e. hüdroksübutaandihape – puuviljades, marjades.

Viinhape e. 2,3-dihüdroksübutaanhape – tekib veini laagerdamisel.

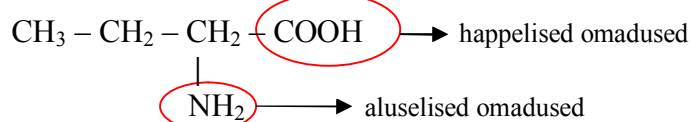
Sidrunhape – esineb enamikes puuviljades ja marjades eriti tsitrusviljalistes (sidrun). Kasutatakse toitade ja jookide hapustamiseks.



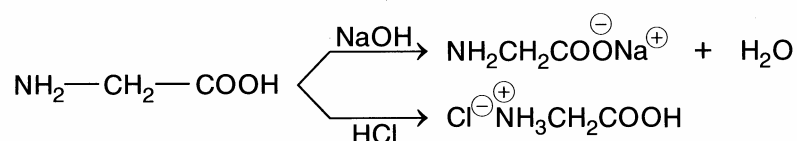
Nii õun, sidrun kui ka viinhape on tavalised puuviljahapped ning sisalduvad puuviljades.

5. Aminohapped

- Nad on asendatud karboksüülhapetest ühed olulisemad. Nad on kõige enam levinud orgaanilised lämmastiku ühendid. Esineb **kõikides elusorganismides**. Valgud tekivad aminohapetest.
- **Aminohapped on need happed, kus karboksüülhappe radikaalis on üks või mitu vesinikku aatomit asendatud aminorühmaga.**
- Karboksüülrühm annab aminohappele **happelised omadused** ja aminorühm **aluselised omadused**. Seepärast on aminohapped **amfoteersete omadustega**.



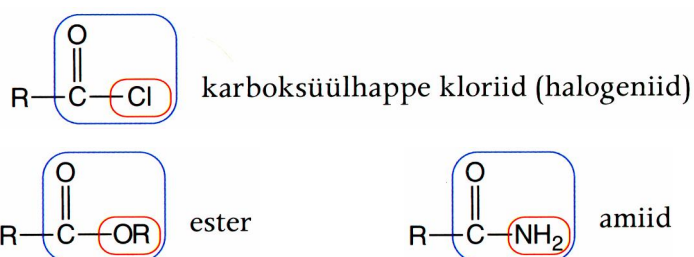
- Puhtad aminohapped on tahked kristalsed ained, mis ei lendu. Nad lahustuvad hästi vees. Neil on suhteliselt kõrge sulamistemperatuur.
- **Keemilised omadused:** tähtsam omadus on amfoteersus. Aminohapped moodustavad soolasid nii aluste kui ka hapetega:



ESTRID JA AMIIDID

1. Karboksüülhapete funktsiooniderivaadid

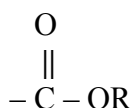
- **Karboksüülhappe funktsiooniderivaat** – ühend, milles karbonüülrühm on seotud mingi polaarse rühmaga (Cl, NH₂, OR), mis pole hüdroksüülrühm (OH). Näiteks:



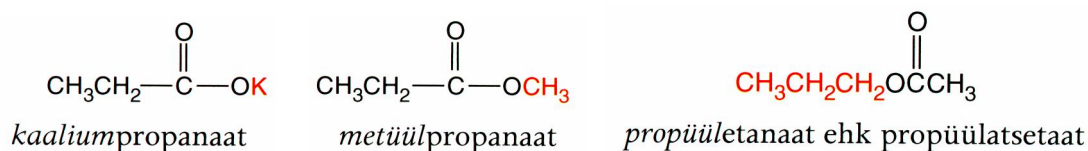
- **Tähtsamad karboksüülhapete funktsiooniderivaadid on estrid ja amiidid.**
- **Karboksüülhappe asendusderivaat** – asendatud karboksüülhapped (radikaalis on asendatud üks või mitu vesiniku aatomit mingi asendusrühmaga). Näiteks: aminohapped, hüdroksühapped, halogenohapped jt.

2. Estrid

- **Ester** – karboksüülhappe funktsiooniderivaat, kus funktsionaalrühmaks on:



- **Nimetused moodustatakse** sarnaselt soolade nimetustega:

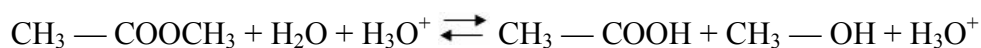


- Estrid on vedelad või tahked ained. Meeldiva puuvilja lõhnaga. Estrid ise ei ole mürgised, kuid estrite lagunemisel võivad tekkida väga mürgised ühendid.

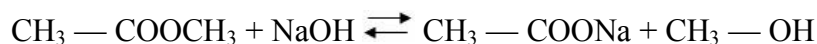
- Keemilised omadused:**

Hüdrolüüs – aine ära reageerimine veega.

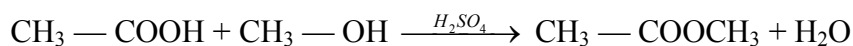
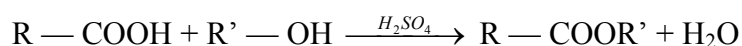
- Estri happelisel hüdrolüüsil** (katalüütilisel hüdrolüüsil) moodustuvad hape ja alkohol. Katalüsaatorina kasutatakse tugevaid happeid (H_2SO_4).



- Reageerimisel leelistega** (leelise vesilahusega) moodustuvad estrist happe sool ning alkohol. Seda reaktsiooni nimetatakse estri leeliseliseks hüdrolüüsiks.

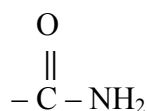


- Estri saamine:** saadakse happe ja alkoholi omavahelisel reaktsioonil happelises keskkonnas (tavaliselt H_2SO_4 juuresolekul).

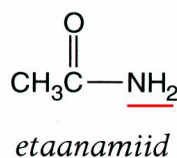
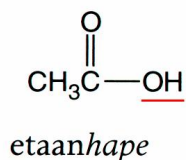


3. Amiidid

- Amiid** – karboksüülhappe funktsiooniderivaat, kus funktsionaalrühmaks on:

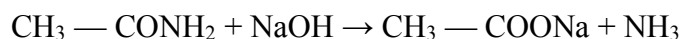


- Amiidi nimetus** moodustatakse karboksüülhappe nimest, asendades liite *hape* liitega *-amiid*:



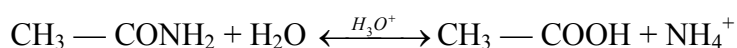
- Keemilised omadused:**

- Amiidi leeliselisel hüdrolüüsil** saadakse sool ja ammoniaak.

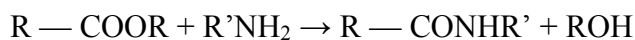
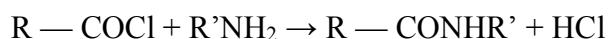


- Amiidi happelisel hüdrolüüsil** saadakse karboksüülhappe ja moodustub

ammooniumkatioon (NH_4^+).

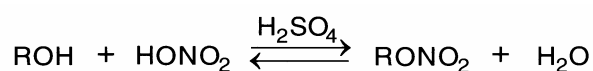


3) Amiide saadakse karboksüülhapete derivaatidest.



4. Mineraalhapete estrid

- **Mineraalhapete estreid** saadakse mineraalhapete reageerimisel alkoholiga happelises keskkonnas (H_2SO_4 juuresolekul).



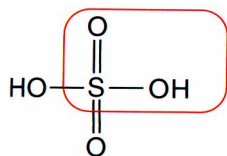
- **Nitraadid** – lämmastikhappe estrid. Moodustuvad lämmastikhappest ja alkoholist väävelhappe juuresolekul. Kõik orgaanilised nitraadid on ebapüsivad. Võivad kergesti plahvatada.

a) **Nitroglütseriin** (glütserooli trinitraat) - Õline vedelik ning võimas ja ohtlik lõhkeaine. Väga palju kasutatakse lõhketöodes näiteks kaevandustes, hoonete õhkamisel jne. Sõjanduses kasutatakse nitroglütseriini tänapäeval minimaalselt.

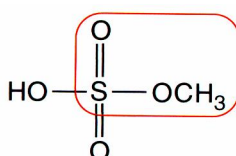
Dünamiit – nitroglütseriin immutatud mingi poorse materjaliga. Leiutati 1867. aastal oli Alfred Nobeli poolt. Kõige tähtsam lõhkeaine tänapäevani.

b) **Nitrotselluloos** – saadakse tselluloosi töötlemisel lämmastikhappe ja väävelhappe seguga. Kasutatakse nitrotsellulooslakkide, lõhkeainete valmistamiseks.

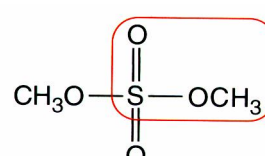
- **Sulfaadid** – väävelhappe estrid. Näiteks: metüülsulfaat, dimetüülsulfaat.



väävelhape



metüülsulfaat

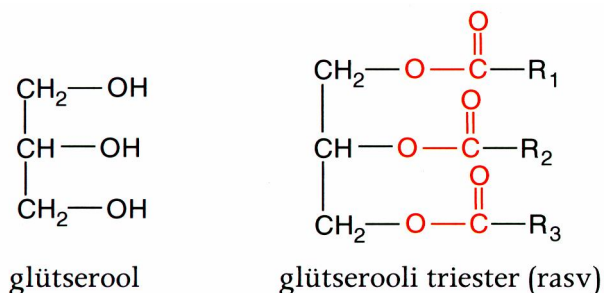


dimetüülsulfaat

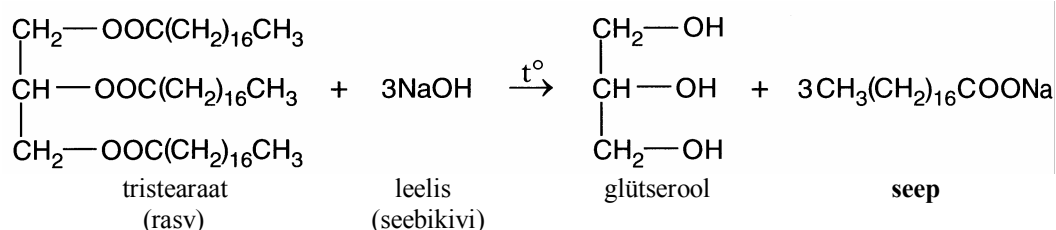
- **Fosfaadid** – fosforhappe estrid. Väga tähtsad elusorganismides. Fosforhappe estri moodustumisest saavad alguse paljud rakkudes toimuvad reaktsioonid. Fosforhappe estrid on ka nukeliinhapped.

5. Rasvad

- **Rasv** – glütserooli (propaan-1,2,3-triooli) triester karboksüülhappega (tegelikult rasvhapetega).



- **Looduslike rasvade** karboksüülhappe jäägid on hargnemata ahelaga ning paarisarvulise süsiniku aatomite arvuga. Looduslikud rasvhapped võivad olla küllastunud või küllastumata (sisaldavad kaksiksidemeid).
- **Laboris võib valmistada** ükskõik millise karboksüülhappelise koostisega rasvasid.
- **Füüsikalised omadused:**
 - 1) Ei märgu veega (väga hüdrofoobsed). Ei lahustu vees kuna hüdrofoobne süsivesiniku ahel on pikk.
 - 2) Lahustuvad hästi orgaanilistes lahustites (bensiin, eeter).
 - 3) Rasval on kindel sulamistemperatuur.
 - 4) Küllastunud rasvhapped on toatemperatuuril tahked, küllastumata rasvhapped võivad olla pehmed või isegi vedelad.
- **Keemilised omadused:**
 - 1) **Leeliselisel hüdrolüüsil** tekivad rasvhapete soolad, mida nimetatakse **seepideks**.



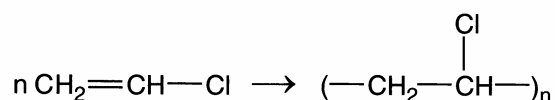
- 2) Seep on detergent. Seebi molekulis on pikk **hüdrofoobne** süsivesinikahel ja polaarne **hüdrofiilne** karboksülaatrühm.
- 3) Küllastumata rasvad **oksüdeeruvad** õhu toimel ja moodustuvad aldehüüdid, karboksüülhapped või teised hapnikuühendid.
- 4) **Rasvade rääsumine** - rasvade lagunemine mikroobide toimel.

- Rasvad meie elus: vt. Tuulmets, A. 2002. *Orgaaniline keemia*. Lk. 178.

POLÜMEERID

1. Polümeer ja polümerisatsioon

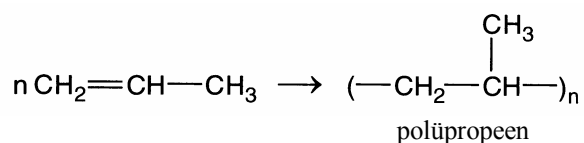
- **Polümeer** – ühend, mille molekul koosneb kovalentsete sidemetega seotud korduvatest struktuuriühikutest – elementaarlülidest.
- Tavaliselt on polümeerides üle 100 elementaarlüli.
- **Monomeerid** (elementaarlülid) – ühinevad polümeerumise (**polümerisatsiooni**) käigus ja moodustavad polümeere.
- **Polümerisatsioon** – protsess, mille käigus monomeerid ühinevad moodustades polümeere.



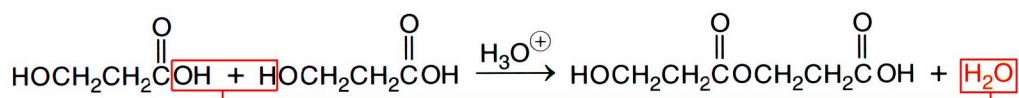
- **Polümeeri nime moodustamisel** lisatakse polümeeri lähteainele (monomeerile) eesliide **polü-**.

2. Liitumispolümerisatsioon ja polükondensatsioon

- **Liitumispolümerisatsioon** – polümeer moodustub monomeeride liitumise teel. Nii saadakse liitumispolümeerid. Näiteks alkeenid polümeeruvad, liitudes kaksiksideme arvel:



- **Polükondensatsioon** – Polükondensatsiooni teel moodustuvad kondensatsioonipolümeerid. Seda protsessi võib vaadelda nagu estri teket, kus happe ja alkoholi omavahelise reaktsiooni käigus tekib ester ja eraldub vesi. Näiteks kahe hüdroksühappe molekuli ühinemine:



Kondensatsioonipolümeeri elementaarlüli ei ole samasugune kui lähtemonomeer. Elementaarlüli koostiseks on monomeer miinus vesi. Tuntumad kondensatsioonipolümeerid on polüestrid, polüamiidid, polüsahhariidid ja polüpeptiidid. **Polükondensatsioonil saadud polümeeri tunneb ära selle**

järgi, et ahelas on „võõras aatom” („võõrad” aatomid on kõik peale süsiniku ja vesiniku).

3. Polümeeride kasutamine

- Polümeere kasutatakse toodete valmistamiseks nii puhtal kujul kui ka plastmassidena.
- **Plastmassid** – sisaldavad mingit polümeerset ühendit ja lisaks veel täiteainet (vähendavad polümeeri kulu ja kujundavad materjali omadused), stabilisaatoreid (suurendavad plastmasside valgus- ja kuumuskindlust ning kaitsevad oksüdeerumise eest), plastifikaatoreid (vähendavad plastmassi rabedust) ja värvaineid (annavad plastmassile soovitud värvi).

4. Polüalkeenid ja nende kasutamine

- Alkeenid ja asendatud alkeenid polümeeruvad liitumispolümerisatsiooni teel. Tehnikas kasutatakse paljusi polüalkeene, eriti asendatud polüalkeene. Tähtsamate asendatud polüeteenide kasutusala: vt. **Tuulmets, A. 2002. Orgaaniline keemia. Lk. 190.**
- **Kopolümeerid** – ahelas paiknevad erinevad lülid sellises arvulises järjekorras, nagu neid polümerisatsiooniks võeti.
- **Homopolümeerid** – valmistatakse ühe kindla monomeeri polümerisatsiooni teel. Homopolümeerid on kõik eelpool kirjeldatud polümeerid.

5. Polüestrid ja polüamiidid

- **Polüestrid** – Väga tähtsad tehnikas, tekstiilitööstuses. Sünteetilised kiud (tekstiilitooted), karastusjoogipudelid jt.
- **Polüamiidid** – kõige tuntumad polüamiidid on nailon-6 ja nailon-6,6. Nailon-kiud on väga vastupidavad ja neid kasutatakse väga palju tekstiilitööstuses.

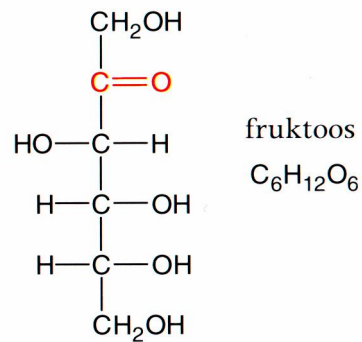
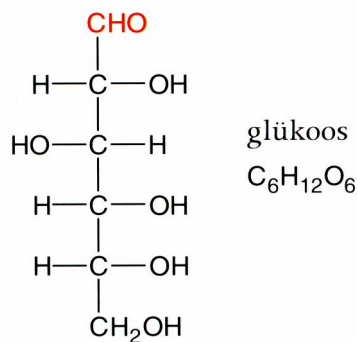
SAHHARIIDID

1. Sahhariidid ehk süsivesikud

- **Sahhariidid ehk süsivesikud** – orgaaniliste ühendite kõige levinum klass. Üle 70% eluslooduses esinevast süsinikust on sahhariidide koostises. Sahhariidide hulka kuuluvad näiteks: suhkur, tärklis, tselluloos, glükoos, fruktoos jne.

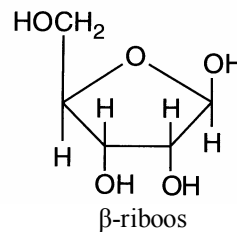
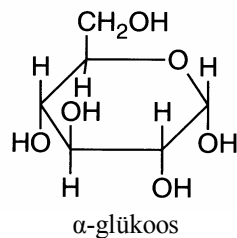
2. Monosahhariidid ehk lihtsuhkrud

- **Monosahhariidid ehk monoosid** – üks rühm sahhariide, mille ahelas on tavaliselt viis (pentoosid) kuni kuus (keksoosid) süsiniku aatomit. Molekulis on üks karbonüülrühm ja mitu hüdroksüülrühma. Süsivesinikahel on tavaliselt hargnemata. Nime tunnuseks on lõppliide **-oos**. Tuntumad on näiteks: **glükoos ehk viinamarjasuhkur** ($C_6H_{12}O_6$), **fruktoos ehk puuviljasuhkur** ($C_6H_{12}O_6$), riboos ($C_5H_{10}O_5$), desoksüriboos ($C_5H_{10}O_4$).

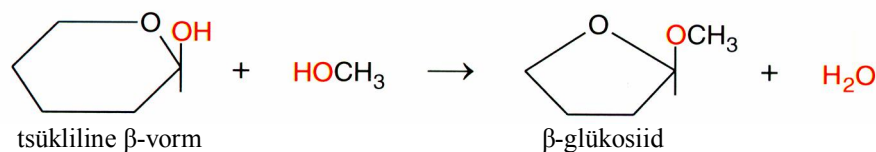


- **Keemilised omadused:**

- 1) Käituvad sarnaselt alkoholidele ja karbonüülühenditele.
- 2) Moodustavad molekulisiseseid **tsükleid**.
- 3) Tsüklilistel molekulidel on 2 isomeerset kuju: **α -vorm** (esimese süsiniku juures olev hüdroksüülrühm märgitakse allpool tsükli tasapinda) ja **β -vorm** (esimese süsiniku juures olev hüdroksüülrühm märgitakse ülalpool tsükli tasapinda).



- 4) Tsüklilised vormid reageerivad kergesti alkoholidega, moodustades eetri tüüpi ühendeid **glükosiide** (eetrite alaliik).

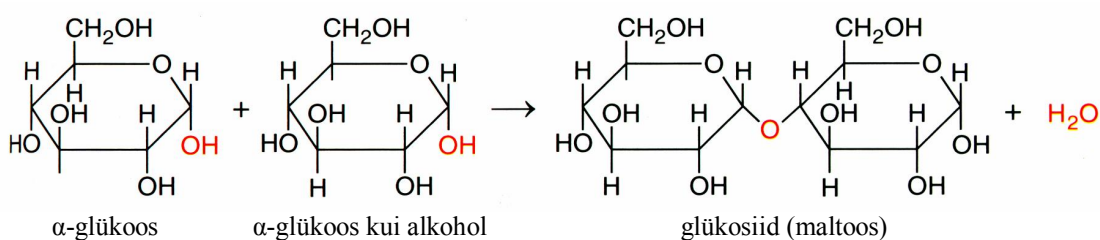


3. Oligosahhariidid ehk liitsuhkrud

- **Oligosahhariidid** – võivad moodustuda monosahhariidide molekulide omavahelisel liitumisel. Näiteks: laktoos, sahharoos (harilik suhkur). Monosahhariidide molekulid võivad liituda ka nii, et moodustuvad **polüsahhariidid**.

4. Disahhariidid

- **Disahhariidid** – kahest monosahhariidist moodustunud glükosiidid. Reaktsioonis käitub üks sahhariid alkoholina. Disahhariidid on sarnased eetritega. Nad on omavahel seotud üle hapniku silla mida nimetatakse glükosiidsidemeks.



- **Tuntumad disahhariidid:**

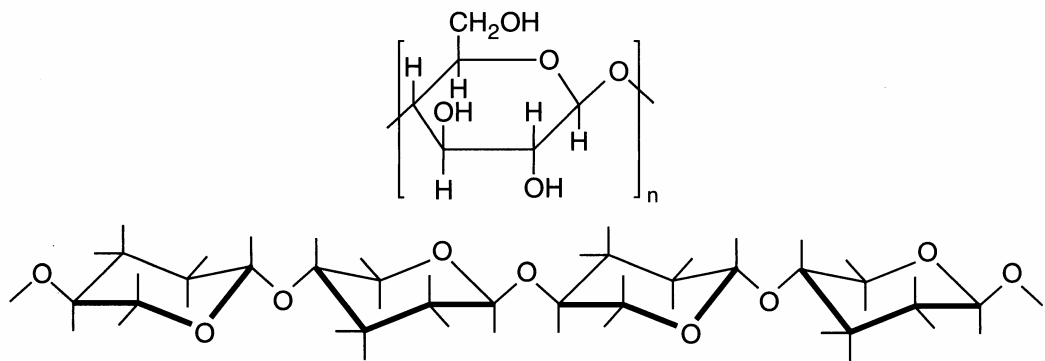
- 1) **Sahharoos** (glükoos + fruktoos) – roo- või peedisuhkur (tavaline suhkur). Kuumutamisel (185 °C) tekib pruun mass, mida nimetatakse **karamelliiks**. Sahharoosi hüdrolüüsil tekkivat glükoosi ja fruktoosi segu nimetatakse **invertsuhkruks**. Tuntuim invertsuhkru lahus on **mesi**.
- 2) **Maltoos** (glükoos + glükoos) – linnasesuhkur. Hüdrolüüsil moodustub glükoos. Maltoosi saadakse tärglise ensümaatilisel töötlemisel.
- 3) **Laktoos** (galaktoos + glükoos) – piimasuhkur. Sisaldub piimas.

5. Polüsahhariidid

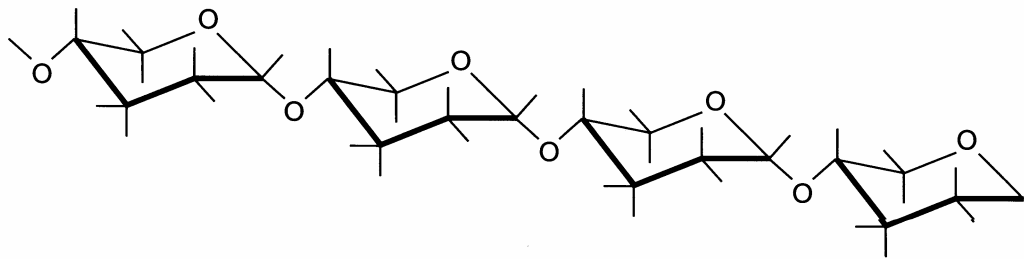
- **Polüsahhariidid** – monosahhariidi jääkidest koosnev pikk ahel (disahhariid + monosahhariid = trisahhariid, trisahhariid + monosahhariid = tetrasahhariid jne.). Polüsahhariid on kõrgmolekulaarne ühend (polümeer). Ta moodustub polükondensatsiooni teel.
- **Polüsahhariidid jaotatakse 3 gruppi:**
 - 1) **struktuursed plüsahhariidid** (nt. tselluloos);
 - 2) **varupolüsahhariidid** (nt. tärglis, glükogeen);
 - 3) **muude ülesannetega polüsahhariidid** (nt. pektiinid).

- **Esindajaid:**

Tselluloos – ehitatud β -glükoosi jääkidest. Tselluloosi kiud on taimerakkude ehitusmaterjaliks. Tselluloos on tähtis paberi, etanooli, lõhkeainete ja tehiskiudude tootmisel.



Tärklis – ehitatud α -glükoosi jääkidest. On taimede varupolüsahhariid. Eristatakse kahte tärklise vormi: amüloos ja amülopektiin. Tärklis on hügrokoopne aine, kuid ei lahustu vees. Ta pundub (paisub) vees.



VALGUD

1. Kodeeritavad aminohapped

- **Kodeeritavad aminohapped** on eluks vajalikud **20 aminohapet**, millest loodus on ehitanud valgud. **Valgud on tekkinud aminohapete polükondensatsioonil.**
- Igale kodeeritavale aminohappele vastab geneetilises koodis teatav sümbol. Näiteks: glütsiid (Gly), proliin (Pro), türosiin (Tyr) jne.
- Kõik kodeeritavad aminohapped on **α -aminohapped** (aminorühm asub α ehk 2 süsiniku juures).
- Aminohapped on **vees väga hästi lahustuvad amfoteersed ühendid.**
- Kodeeritavad aminohapped **jagunevad asendamatuteks ja asenduvateks aminohapeteks.**

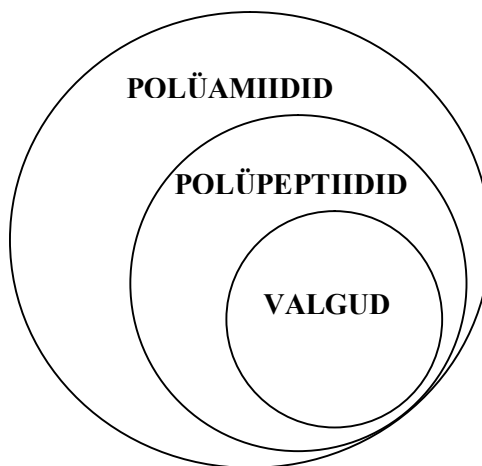
- **Asendamatud aminohapped** – aminohapped, mida organism ise ei sünteesi. Need viiakse organismi toiduga. Asendamatuid aminohappeid on kaheksa (valiin, leutsiin, isoleutsiin, fenüülalaniin, treoniin, metioniin, trüptofaan, lüsiin).
- **Asenduvad aminohapped** – aminohapped, mida organism suudab ise sünteesida.

2. Peptiidid

- **Peptiidid** – bioloogiliselt olulised amiidid või polüamiidid, kus aminohapped on omavahel seotud amiidsidemega. Enamasti on need α -aminohapped. Peptiidi molekuli amiidrühma nimetatakse biokeemias peptiidsidemeks.
- **Polüpeptiidid** – kui peptiidi moodustavaid aminohappeid on üle kümne.
- **Oligopeptiidid** – kahest kuni kümnest aminohapest koosnevad peptiidid.

3. Valgud

- **Valgud** kuuluvad polüpeptiidide hulka, kuid kõik polüpeptiidid ei ole tingimata valgud. Kõik polüpeptiidid on kindlasti polüamiidid, kuid kõik polüamiidid ei ole kindlasti polüpeptiidid.

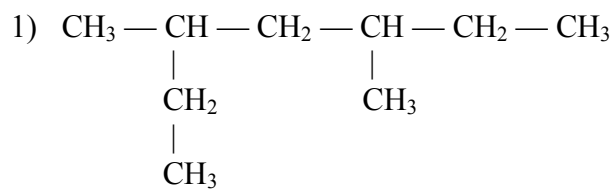


- Valgud koosnevad ühest või mitmest omavahel seotud polüpeptiidahelast. Valgumolekulid koosnevad sadadest kuni isegi tuhandetest aminohappejääkidest.
- **Valgud jagunevad:** 1) lihtvalgud (ehitatud ainult aminohapetest lähtudes), 2) liitvalgud (lisaks lihtvalgulisele osale esineb veel täiendav rühm).

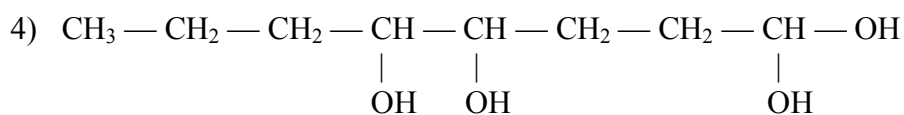
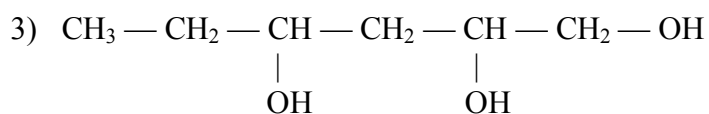
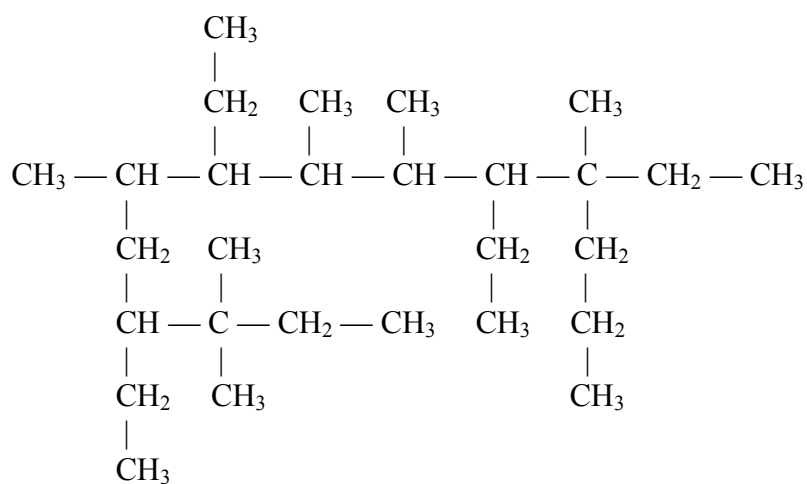
- **Keemilised omadused:** valgud lagunevad temperatuuri tõstmisel (sidemed katkevad), hüdroliüüsuvad hapete ja leeliste toimetel, moodustavad vees lahustudes kolloidlahuseid.
- **Valkude funktsioonid organismis:**
 - 1) ehituslik funktsioon. Valgud on organismis peamiseks ehitusmaterjaliks,
 - 2) ensümaatiline funktsioon. Ensüümid on valgud, mis reguleerivad biokeemiliste reaktsioonide kiirust,
 - 3) transpordi funktsioon. Transportvalgud transpordivad hapniku kopsudest kõikidesse kudedesse,
 - 4) signaalfunktsioon. Valgulised hormoonid nt. insuliin (reguleerib vere suhkrusisaldust).

VALIK HARJUTUSÜLESANDEID ORGAANILISEST KEEMIAST

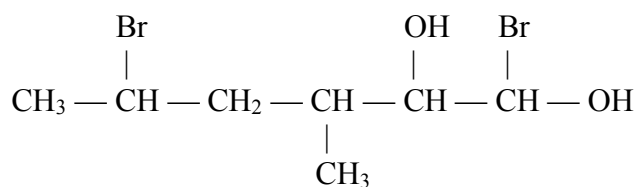
1. Anna ühenditele nimetused.

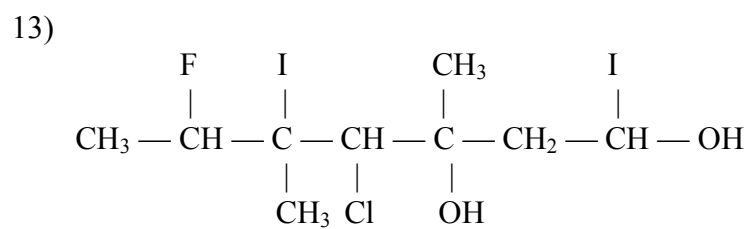
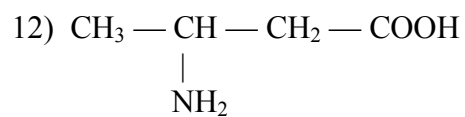
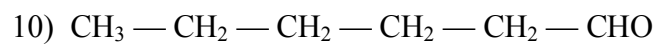
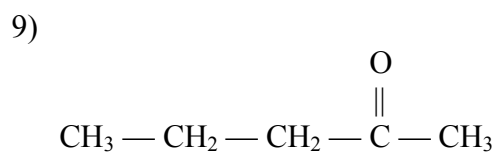
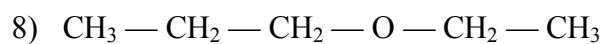
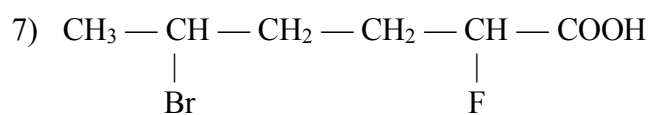
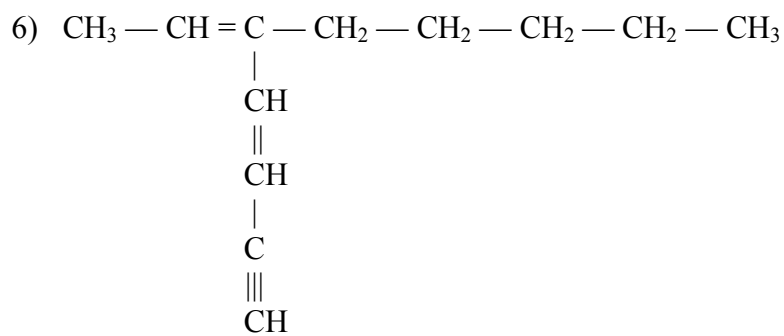


2)

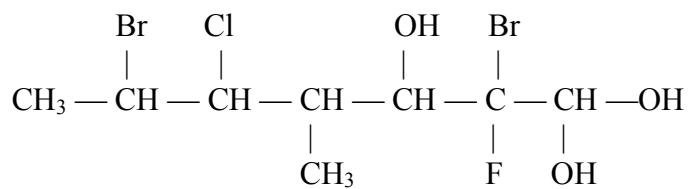
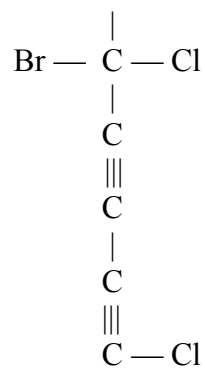


5)

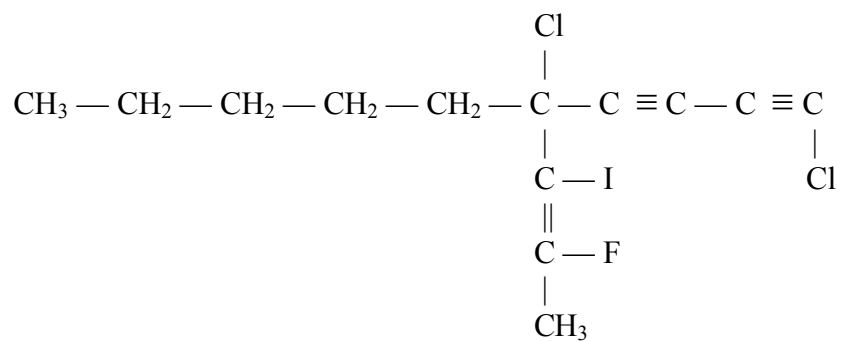




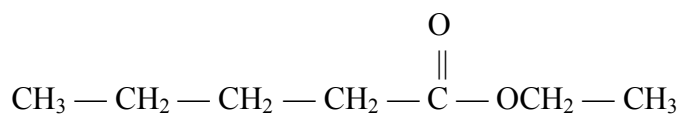
14)

15) $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ 

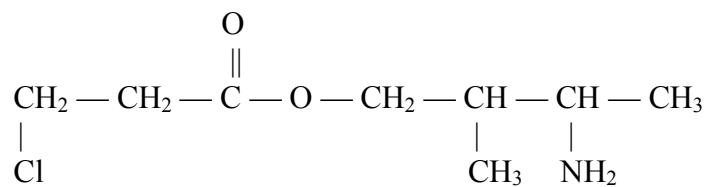
16)



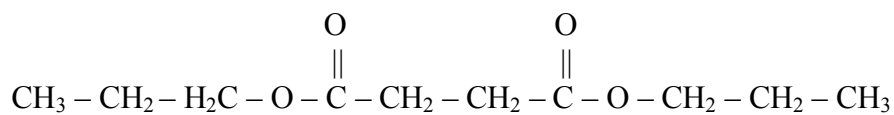
17)



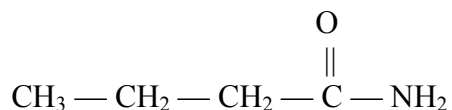
18)



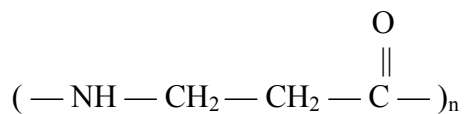
19)



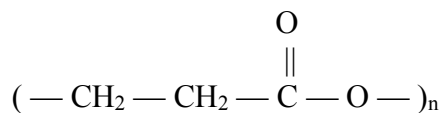
20)



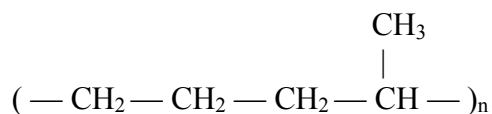
21)



22)



23)

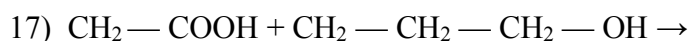
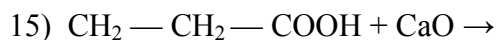
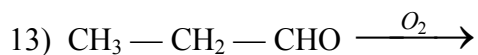
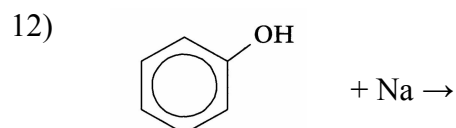
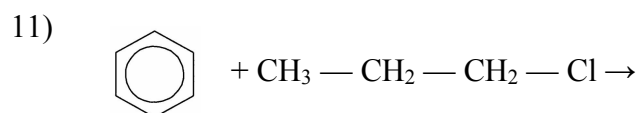
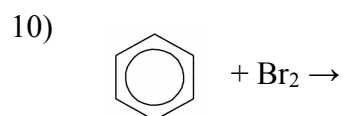
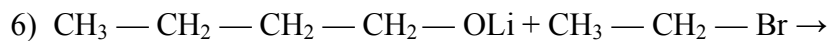
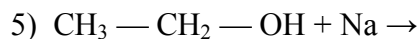
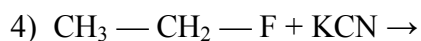
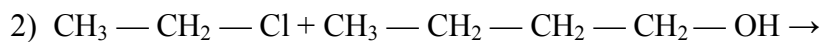


2. Kirjuta ühendite lihtsustatud struktuurivalemid

- 1) 2,4-dimetüülpentaan.
- 2) 2,2-dibromo-3-jodo-3,5-dietüülnonaan
- 3) Butaan-2,3-diool.
- 4) 1,4-dikloro-1,2,4-trifluoro-2,3-dihüdoksüpentaan.
- 5) Butüülpropüüleeter.
- 6) Dietüüleeter.
- 7) Pentaan-1,5-diamiin.
- 8) Heksa-2,4-dieen.
- 9) Hepta-2,3-dieen-5-üün.
- 10) 1-hüdoksübuta-2,3-dieen.
- 11) 1,5-dikloro-6-jodo-7-hüdoksü-5-pentüülloktaan-6-een-1,3-diüün.
- 12) 1,3,5-dietüülbenseen.
- 13) 2-klorobutanaal.
- 14) pentaan-2-oon.
- 15) 3-bromo-4,5-dihüdoksüheksaandihape.
- 16) Kaaliumpentanaat.
- 17) Etüülpentanaat.
- 18) Heksaanamiid.
- 19) Polüeteen.

3. Lõpeta ja tasakaalusta reaktsioonivõrrandid

- 1) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 + \text{Cl}_2 \rightarrow$



4. Arvutusülesanded

- 1) Mitu dm^3 vesiniku eraldub butanooli reageerimisel 5 grammi naatriumiga.
- 2) Kui palju etanooli saadakse 3 kilogrammi naatriumhüdroksiidi reageerimisel kloroetaaniga?
- 3) Kui palju dietüületrit saadi 23 grammi bromoetaani reageerimisel 45 grammi 50 %-se kaaliumetanolaadiga?
- 4) Mitu dm^3 vesiniku eraldub 23 grammi etaani dehüdrogeenimisel?

- 5) Mitu grammi oktaani tekib 34 grammi okta-2,4,6-trieeni hüdrogeenimisel kui protsessi saagis on 45 %?
- 6) Mitu grammi bensoehapet saadakse 13 grammi tolueeni oksüdeerimisel?
- 7) Kui palju vesinikkloriidhapet tekkis 35 grammi benseeni alküülimisel 56 grammi 1-klorobutaaniga?
- 8) Kui palju etanaali on vaja võtta 34 grammi 67 %-se etaanhappe valmistamiseks?
- 9) Kui palju soola tekkis 50 %-se metaanhappe reageerimisel 23 grammi 5 %-se baariumhüdroksiidiga?