

Mooli

KE3

Jakso 2

Harjoittele-tehtävien
malliratkaisut



2.1 Suhdekaavan päättely

Merkitse alkuaineatomien ainemäärien pienin kokonaislukusuhde ja kirjoita suhdekaava.

- a) C_6H_6
- b) C_7H_{14}
- c) C_8H_{18}
- d) $C_{12}H_{22}O_{11}$
- e) $C_8H_{10}N_4O_2$

Ratkaisu:

- a) $n(C):n(H) = 1:1$. Suhdekaava on CH .
- b) $n(C):n(H) = 1:2$. Suhdekaava on CH_2 .
- c) $n(C):n(H) = 4:9$. Suhdekaava on C_4H_9 .
- d) $n(C):n(H):n(O) = 12:22:11$. Suhdekaava on $C_{12}H_{22}O_{11}$.
- e) $n(C):n(H):n(N):n(O) = 4:5:2:1$. Suhdekaava on $C_4H_5N_2O$

2.2 Molekyylikaavan päättely suhdekaavasta

Kirjoita molekyylikaava, kun x:n lukuarvo suhdekaavamerkinnässä tiedetään. Laske yhdisteen d) moolimassa.

- a) $(C_4H_5)_x$ $x = 2$
- b) $(CH_2O)_x$ $x = 6$
- c) $(C_3H_4O_3)_x$ $x = 2$
- d) $(C_{14}H_{21}NO_{11})_x$ $x = 5$

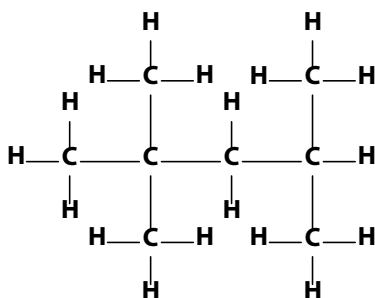
Ratkaisu:

- a) C_8H_{10}
- b) $C_6H_{12}O_6$
- c) $C_6H_8O_6$
- d) $M(C_{70}H_{105}N_{55}O_{55}) = 70 \cdot 12,01 \text{ g/mol} + 105 \cdot 1,008 \text{ g/mol} + 5 \cdot 14,01 \text{ g/mol} + 55 \cdot 16,00 \text{ g/mol}$
 $= 1\,896,59 \text{ g/mol}$

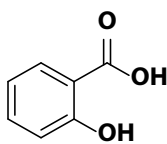
2.3 Rakennekaavan tulkitseminen

Tulkitse oheisia rakennekaavoja, ja esitä yhdisteen molekyylikaava ja suhdekaava. (Kun tulkitset rakennekaavoja, muista, että hiiliatomi muodostaa aina neljä kovalenttista sidosta.)

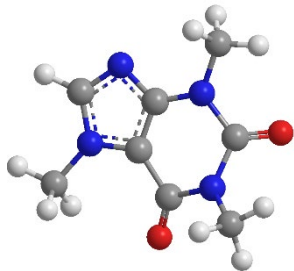
- a) Bensiinin sisältämä 2,2,4-trimetyylipentaani eli iso-oktaani.



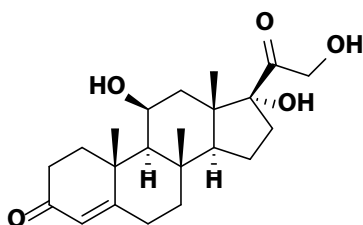
b) Pajun kuoressa esiintyvä 2-hydroksibentsoehappo eli salisyylihappo.



c) Kahvin sisältämä kofeiini.



d) Lisämunuaisen kuorikerroksesta erittyvä hormoni hydrokortisoni.



Ratkaisu:

a) Molekyylikaava on C_8H_{18} . Suhdekaava on C_4H_9 .

b) Molekyylikaava on $C_7H_6O_3$. Suhdekaava on sama.

c) Molekyylikaava on $C_8H_{10}N_4O_2$. Suhdekaava on $C_4H_5N_2O$.

d) Molekyylikaava on $C_{22}H_{32}O_5$. Suhdekaava on sama.

2.4 Ainemäärien pienin kokonaislukusuhde

Merkitse ainemäärien pienin kokonaislukusuhde, kun suhdekaavalaskujen välitulokset olivat

a) $n(C): n(H) = 1,00:1,500$.

b) $n(C): n(H): n(N) = 1,5100:4,9771:1,000$.

c) $n(C): n(H): n(O) = 0,00174:0,0103:0,00173$.

Ratkaisu:

a) $n(C): n(H) = 2:3$

b) $n(C): n(H): n(N) = 3:10:2$

c) $n(C): n(H): n(O) = 1:6:1$

2.5 Suhdekaavan ratkaiseminen ainemääristä

Happea sisältävässä orgaanisessa yhdisteessä eri alkuaineiden ainemäärät ovat:

$$n(\text{C}) = 0,0130 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}) = 0,0325 \text{ mol}$$

$$n(\text{O}) = 0,0065 \text{ mol.}$$

Ratkaise yhdisteen suhdekaava.

Ratkaisu:

$$n(\text{C}) = 0,0130 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}) = 0,0325 \text{ mol}$$

$$n(\text{O}) = 0,0065 \text{ mol}$$

Jaetaan kukin ainemäärä pienimmällä, eli hapen ainemäärällä.

$$\frac{n(\text{C})}{n(\text{O})} = \frac{0,0130 \text{ mol}}{0,0065 \text{ mol}} = 2,000$$

$$\frac{n(\text{H})}{n(\text{O})} = \frac{0,0325 \text{ mol}}{0,0065 \text{ mol}} = 5,000$$

$$\frac{n(\text{O})}{n(\text{O})} = \frac{0,0065 \text{ mol}}{0,0065 \text{ mol}} = 1,000$$

Suhdeluvut ovat lähtöarvojen tarkkuudella kokonaislukuja, joten ainemäärien pienin kokonaislukusuhte $n(\text{C}):n(\text{H}):n(\text{O}) = 2:5:1$.

Suhdekaava on $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}$.

2.6 Hiilivedyn suhdekaavan ja molekyylikaavan ratkaiseminen

Alkuainemäärityksen perusteella hiilivety sisältää 72,06 grammaa hiiltä ja 12,10 grammaa vetyä.

a) Ratkaise yhdisteen suhdekaava.

b) Yhdisteen moolimassa on 112 g/mol. Ratkaise hiilivedyn molekyylikaava.

Ratkaisu:

a)

$$m(\text{C}) = 72,06$$

$$m(\text{H}) = 12,10 \text{ g}$$

$$M(\text{C}) = 12,01 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{H}) = 1,008 \text{ g/mol}$$

Ratkaistaan hiili- ja vetyatomien ainemäärät.

$$n(\text{C}) = \frac{72,06 \text{ g}}{12,01 \text{ g/mol}} = 6,00000 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}) = \frac{12,10 \text{ g}}{1,008 \text{ g/mol}} = 12,0040 \text{ mol}$$

Jaetaan kumpikin ainemäärä pienimmällä, eli hiilen ainemäärällä.

$$\frac{n(\text{C})}{n(\text{C})} = \frac{6,00000 \text{ mol}}{6,00000 \text{ mol}} = 1,00000$$

$$\frac{n(\text{H})}{n(\text{C})} = \frac{12,0040 \text{ mol}}{6,00000 \text{ mol}} = 2,00067$$

Suhdeluvut ovat lähtöarvojen tarkkuudella kokonaislukuja, joten $n(\text{C}):n(\text{H}) = 1:2$.
Suhdekaava on CH_2 .

b)

Suhdekaava on CH_2 (kohdasta a).

$$M(\text{C}) = 12,01 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{H}) = 1,008 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{hiilivety}) = 112 \text{ g/mol}$$

Lasketaan yhden suhdekaavayksikön moolimassa.

$$M(\text{CH}_2) = (12,01 + 2 \cdot 1,008) \text{ g/mol} = 14,026 \text{ g/mol}.$$

Ratkaistaan, kuinka moninkertainen koko yhdisteen moolimassa on suhdekaavayksikön moolimassaan verrattuna.

Ratkaisu saadaan laskemalla $x:n$ arvo lausekkeesta

$$x \cdot 14,026 \text{ g/mol} = 112 \text{ g/mol}.$$

$$\Rightarrow x = 7,9852$$

Ratkaisusta voidaan päätellä, että yhdisteen moolimassa on kahdeksan kertaa suurempi kuin suhdekaavayksikön moolimassa. Molekyylikaavaa varten kerrotaan kaikkien suhdekaavan (CH_2) ilmoittamien atomien lukumäärä kahdeksalla.

Hiilivedyn molekyylikaava on C_8H_{16} .

2.7 C-vitamiinin suhdekaava ja molekyylikaava

C-vitamiini on yksi elimistömme vesiliukoisista vitamiineista. Elimistössä C-vitamiini toimii muun muassa antioksidanttina, edistää kollageenin muodostumista ja parantaa raudan imeytymistä. C-vitamiinimolekyyli sisältää (massaprosentteina) eri alkuaineita seuraavasti: hiili 40,92 %, vety 4,58 % ja happi 54,50 %. C-vitamiinin moolimassa on noin 176 g/mol. Ratkaise C-vitamiinin suhde- ja molekyylikaava.

Ratkaisu:

$$m\text{-(\%)(C)} = 40,92 \%$$

$$m\text{-(\%)(H)} = 4,58 \%$$

$$m\text{-(\%)(O)} = 54,50 \%$$

$$M(\text{C}) = 12,01 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{H}) = 1,008 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{O}) = 16,00 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{C-vitamiini}) = 176 \text{ g/mol}$$

Valitaan näytteen massaksi 100,00 g. Alkuaineiden massaprosenttisten osuuksien perusteella eri alkuaineatomien massat ovat:

$$m(\text{C}) = 40,92 \text{ g}$$

$$m(\text{H}) = 4,58 \text{ g}$$

$$m(\text{O}) = 54,50 \text{ g}.$$

Lasketaan alkuaineatomien ainemäärät.

$$n(\text{C}) = \frac{40,92 \text{ g}}{12,01 \text{ g/mol}} = 3,40716 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}) = \frac{4,58 \text{ g}}{1,008 \text{ g/mol}} = 4,54365 \text{ mol}$$

$$n(\text{O}) = \frac{54,50 \text{ g}}{16,00 \text{ g/mol}} = 3,40625 \text{ mol}$$

Jaetaan kukin ainemäärä pienimmällä, eli hapen ainemäärällä.

$$\frac{n(\text{C})}{n(\text{O})} = \frac{3,40716 \text{ mol}}{3,40625 \text{ mol}} = 1,00027$$

$$\frac{n(\text{H})}{n(\text{O})} = \frac{4,54365 \text{ mol}}{3,40625 \text{ mol}} = 1,33392$$

$$\frac{n(\text{O})}{n(\text{O})} = \frac{3,40625 \text{ mol}}{3,40625 \text{ mol}} = 1,00000$$

Merkitään edellä laskettujen ainemäärien suhde:

$$n(\text{C}):n(\text{H}):n(\text{O}) = 1,00027:1,33392:1,00000.$$

Luku 1,33392 ei ole riittävällä (lähtöarvojen) tarkkuudella kokonaisluku, joten ratkaisua jatketaan etsimällä ainemäärien pienin kokonaislukusuhte. Tämä saadaan, kun kerrotaan ainemäärien lukuarvot kolmella ja pyöristetään näin saadut luvut kokonaisluvuiksi.

$$\Rightarrow n(\text{C}):n(\text{H}):n(\text{O}) = 3,00081:4,00176:3,00000 = 3:4:3.$$

Suhdekaava on $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$.

Lasketaan yhden suhdekaavayksikön moolimassa.

$$M(\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3) = 3 \cdot 12,01 \text{ g/mol} + 4 \cdot 1,008 \text{ g/mol} + 3 \cdot 16,00 \text{ g/mol} = 88,062 \text{ g/mol}$$

Ratkaistaan, kuinka moninkertainen koko yhdisteen moolimassa on suhdekaavayksikön moolimassaan verrattuna. Ratkaisu saadaan laskemalla x:n arvo lausekkeesta

$$x \cdot 88,062 \text{ g/mol} = 176 \text{ g/mol}.$$

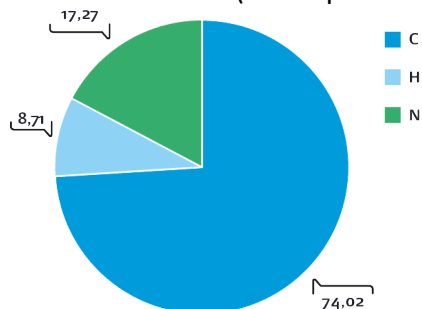
$$\Rightarrow x = 1,9986$$

Ratkaisusta voidaan päätellä, että yhdisteen moolimassa on kaksi kertaa suurempi kuin suhdekaavayksikön moolimassa. Molekyylikaavaa varten kerrotaan kaikkien suhdekaavan ($\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$) ilmoittamien atomien lukumäärä kahdella.

C-vitamiinin molekyylikaava on $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$.

2.8 Nikotiinin alkuainekoostumus ja molekyylikaava

Nikotiini on tupakkakasvista saatava, pyridiineihin kuuluva alkaloidi, jota käytetään muun muassa hyönteismyrkkinä ja tukemaan tupakoinnin lopettamista. Nikotiinin käytön mielihyvää tuottava vaikutus perustuu sen kykyyn vapauttaa aivoissa dopamiinia. Nikotiinin alkuainekoostumus (massaprosentteina) on esitetty oheisessa kaaviossa.



Kun nikotiinia punnitaan 40,57 milligrammaa, nikotiinin ainemäärä on 0,2500 millimoolia. Ratkaise nikotiinin molekyylikaava.

Ratkaisu:

$$m\text{-(C)} = 74,02 \%$$

$$m\text{-(H)} = 8,71 \%$$

$$m\text{-(N)} = 17,27 \%$$

$$M(\text{C}) = 12,01 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{H}) = 1,008 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{N}) = 14,01 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{nikotiini}) = 40,57 \text{ mg} = 40,57 \cdot 10^{-3} \text{ g}$$

$$n(\text{nikotiini}) = 0,2500 \text{ mmol} = 0,2500 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Valitaan näytteen massaksi 100,00 g. Alkuaineiden massaprosenttisten osuuksien perusteella eri alkuaineatomien massat ovat:

$$m(\text{C}) = 74,02 \text{ g}$$

$$m(\text{H}) = 8,71 \text{ g}$$

$$m(\text{N}) = 17,27 \text{ g.}$$

Lasketaan alkuaineatomien ainemäärät.

$$n(\text{C}) = \frac{74,02 \text{ g}}{12,01 \text{ g/mol}} = 6,16320 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}) = \frac{8,71 \text{ g}}{1,008 \text{ g/mol}} = 8,6409 \text{ mol}$$

$$n(\text{N}) = \frac{17,27 \text{ g}}{14,01 \text{ g/mol}} = 1,23269 \text{ mol}$$

Jaetaan kukin ainemäärä pienimmällä, eli typen ainemäärällä.

$$\frac{n(\text{C})}{n(\text{N})} = \frac{6,16320 \text{ mol}}{1,23269 \text{ mol}} = 4,99980$$

$$\frac{n(\text{H})}{n(\text{N})} = \frac{8,6409 \text{ mol}}{1,23269 \text{ mol}} = 7,0098$$

$$\frac{n(\text{N})}{n(\text{N})} = \frac{1,23269 \text{ mol}}{1,23269 \text{ mol}} = 1,00000$$

Suhdeluvut ovat riittävällä (lähtöarvojen) tarkkuudella kokonaislukuja, joten

$$n(\text{C}): n(\text{H}): n(\text{N}) = 5:7:1.$$

Nikotiinin suhdekaava on $\text{C}_5\text{H}_7\text{N}$.

Lasketaan nikotiinin moolimassa tehtävässä annetun massan ja ainemäärän avulla.

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow M(\text{nikotiini}) = \frac{m}{n} = \frac{40,57 \cdot 10^{-3} \text{ g}}{0,2500 \cdot 10^{-3} \text{ mol}} = 162,280 \text{ g/mol}$$

Lasketaan yhden suhdekaavayksikön moolimassa.

$$M(\text{C}_5\text{H}_7\text{N}) = 5 \cdot 12,01 \text{ g/mol} + 7 \cdot 1,008 \text{ g/mol} + 14,01 \text{ g/mol} = 81,116 \text{ g/mol}$$

Ratkaistaan, kuinka moninkertainen koko yhdisteen moolimassa on suhdekaavayksikön moolimassaan verrattuna. Ratkaisu saadaan laskemalla $x:n$ arvo lausekkeesta

$$x \cdot 81,116 \text{ g/mol} = 162,280 \text{ g/mol}.$$

$$\Rightarrow x = 2,00059$$

Ratkaisusta voidaan päätellä, että yhdisteen moolimassa on kaksi kertaa suurempi kuin suhdekaavayksikön moolimassa. Molekyylikaavaa varten kerrotaan kaikkien suhdekaavan ($\text{C}_5\text{H}_7\text{N}$) ilmoittamien atomien lukumäärä kahdella.

Nikotiinin molekyylikaava on $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2$.

2.9 Hiilivetyjen yleinen molekyylikaava

Täydennä taulukkoon molekyylikaava hiilivedyn nimen perusteella. Päätele alkaanien, alkeenien ja alkyynien yleinen molekyylikaava. Käytä kaavassa eri alkuaineiden lukumäärän merkintänä kirjaintunnusta n.

Hiilivedyn nimi	Molekyylikaava
metaani	
etaani	
propaani	
butaani	
eteeni	
prop-1-eeni	
but-1-eeni	
pent-1-eeni	
etyyni	
prop-1-yyini	
but-1-yyini	
pent-1-yyini	

Ratkaisu:

Hiilivedyn nimi	Molekyylikaava
metaani	CH ₄
etaani	C ₂ H ₆
propaani	C ₃ H ₈
butaani	C ₄ H ₁₀
eteeni	C ₂ H ₄
prop-1-eeni	C ₃ H ₆
but-1-eeni	C ₄ H ₈
pent-1-eeni	C ₅ H ₁₀
etyyni	C ₂ H ₂
prop-1-yyini	C ₃ H ₄
but-1-yyini	C ₄ H ₆
pent-1-yyini	C ₅ H ₈

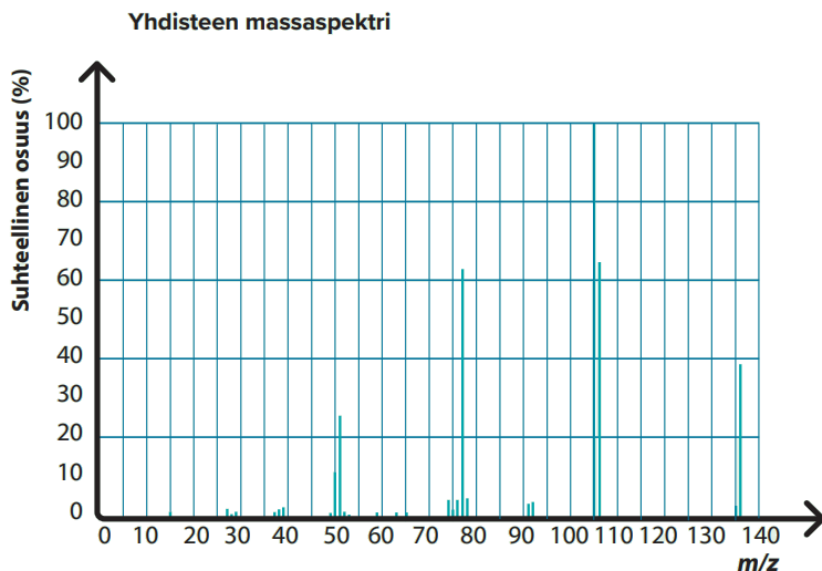
Alkaanien yleinen molekyylikaava on C_nH_{2n+2}.

Alkeenien yleinen molekyylikaava on C_nH_{2n}.

Alkyynien yleinen molekyylikaava on C_nH_{2n-2}.

2.10 Mistä yhdisteestä on kyse?

Tehtävässä tutkitaan hyväntuoksuista esterä, jota käytetään hajuväsiteollisuudessa. Luonnossa sitä esiintyy muun muassa joidenkin kukkien tuoksussa. Lisäksi yhdiste toimii luonnossa niin sanottuna semiokemikaalina, jonka avulla lajit välittävät kemiallisia viestejä lajien sisäisesti ja lajien välisesti. Kun tätä yhdistettä analysoitiin massaspektrometrillä, saatiin oheisen kuvan mukaiset tulokset.



Massaspektristä voidaan päätellä tutkitun yhdisteen moolimassa x-akselin lukuarvoltaan suurimman m/z -piikin kohdalta.

Polttokokeessa saatiin lisäksi selville, että 5,325 g tutkittavaa yhdistettä sisältää 3,758 g hiiltä, 0,316 g vetyä ja loput happea.

a) Ratkaise yhdisteen suhde- ja molekyylikaava.

b) Esitä yhdisteen rakennekaava, kun se on aromaattinen ester.

Ratkaisu:

a)

$$m(\text{yhdiste}) = 5,325 \text{ g}$$

$$m(\text{C}) = 3,758 \text{ g}$$

$$m(\text{H}) = 0,316 \text{ g}$$

$$M(\text{yhdiste}) = 136 \text{ g/mol (massaspektrometrin tulosteesta)}$$

$$M(\text{C}) = 12,01 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{H}) = 1,008 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{O}) = 16,00 \text{ g/mol}$$

Lasketaan happiatomien massa:

$$m(\text{O}) = m(\text{yhdiste}) - m(\text{C}) - m(\text{H}) = (5,325 - 3,758 - 0,316) \text{ g} = 1,251 \text{ g}.$$

Lasketaan eri alkuaineatomien ainemäärät.

$$n(\text{C}) = \frac{m(\text{C})}{M(\text{C})} = \frac{3,758 \text{ g}}{12,01 \text{ g/mol}} = 0,312906 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}) = \frac{m(\text{H})}{M(\text{H})} = \frac{0,316 \text{ g}}{1,008 \text{ g/mol}} = 0,31349 \text{ mol}$$

$$n(\text{O}) = \frac{m(\text{O})}{M(\text{O})} = \frac{1,251 \text{ g}}{16,00 \text{ g/mol}} = 0,0781875 \text{ mol}$$

Jaetaan kukin ainemäärä pienimmällä, eli hapen ainemäärällä.

$$\frac{n(\text{C})}{n(\text{O})} = \frac{0,312906 \text{ mol}}{0,0781875 \text{ mol}} = 4,00200$$

$$\frac{n(\text{H})}{n(\text{O})} = \frac{0,31349 \text{ mol}}{0,0781875 \text{ mol}} = 4,0095$$

$$\frac{n(\text{O})}{n(\text{O})} = \frac{0,0781875 \text{ mol}}{0,0781875 \text{ mol}} = 1,00000$$

Suhdeluvut ovat riittävällä (lähtöarvojen) tarkkuudella kokonaislukuja, joten

$$n(\text{C}): n(\text{H}): n(\text{O}) = 4:4:1.$$

Suhdekaava on $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}$.

Lasketaan yhden suhdekaavayksikön moolimassa.

$$M(\text{C}_4\text{H}_4\text{O}) = 4 \cdot 12,01 \text{ g/mol} + 4 \cdot 1,008 \text{ g/mol} + 16,00 \text{ g/mol} = 68,072 \text{ g/mol}$$

Ratkaistaan, kuinka moninkertainen koko yhdisteen moolimassa on suhdekaavayksikön moolimassaan verrattuna. Ratkaisu saadaan laskemalla x:n arvo lausekkeesta

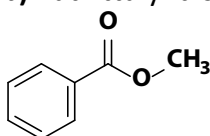
$$x \cdot 68,072 \text{ g/mol} = 136 \text{ g/mol}.$$

$$\Rightarrow x = 1,9979$$

Ratkaisusta voidaan päätellä, että yhdisteen moolimassa on kaksi kertaa suurempi kuin suhdekaavayksikön moolimassa. Molekyylikaavaa varten kerrotaan kaikkien suhdekaavan ($\text{C}_4\text{H}_4\text{O}$) ilmoittamien atomien lukumäärä kahdella.

Yhdisteen molekyylikaava on $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_2$.

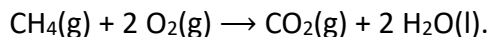
b) Tutkittu yhdiste oli metyylibentsoaatti, jonka rakennekaava on



2.11 Hiilivedyn palamisreaktion hyödyntäminen

Orgaanisen yhdisteen täydellisessä palamisreaktiossa muodostuu hiilidioksidia ja vettä.

Esimerkiksi metaanin täydellistä palamista kuvaava reaktioyhtälö on:



Jos hapetta ei ole riittävästi, palaminen on epätäydellistä. Tällöin palamistuotteina syntyy hiilidioksidin ja veden lisäksi hiilimonoksidia ja niin sanottuja pienhiukkasia. Pienhiukkasten arvioidaan olevan suurin ympäristön aiheuttama terveysriski Euroopassa.

Erään hiilivedyn täydellisessä palamisreaktiossa muodostui 192 g hiilidioksidia ja 78,6 g vettä.

Ratkaise yhdisteen suhdekaava.

Ratkaisu:

$$m(\text{CO}_2) = 192 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 78,6 \text{ g}$$

$$M(\text{CO}_2) = 44,01 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18,016 \text{ g/mol}$$

Ratkaistaan hiiliatomien ainemäärä palamisreaktiossa muodostuneen hiilidioksidin ainemäärästä. Hiilidioksidin kaavasta CO_2 nähdään, että yksi mooli hiilidioksidia sisältää yhden moolin hiiliatomeja. Tämän perusteella hiilivedyn hiiliatomien ainemäärä on sama kuin palamisreaktiossa muodostuneen hiilidioksidin ainemäärä eli $n(\text{C}) = n(\text{CO}_2)$.

$$n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)} = \frac{192 \text{ g}}{44,01 \text{ g/mol}} = 4,3626 \text{ mol}$$

Ratkaistaan vetyatomien ainemäärä palamisreaktiossa muodostuneen veden ainemäärästä. Veden kaavasta H_2O nähdään, että yhdessä vesimolekyylissä on kaksi vetyatomia. Jos vesimolekyyliä on muodostunut yksi mooli, hiilivedyn vetyatomien ainemäärä on ollut kaksi moolia. Hiilivedyn vetyatomien ainemäärä on siten kaksinkertainen palamisreaktiossa muodostuneen veden ainemäärään verrattuna eli $n(\text{H}) = 2 \cdot n(\text{H}_2\text{O})$.

$$n(\text{H}) = 2 \cdot n(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = 2 \cdot \frac{78,6 \text{ g}}{18,016 \text{ g/mol}} = 8,7256 \text{ mol}$$

Jaetaan kumpikin ainemäärä pienimmällä, eli hiilen ainemäärällä.

$$\frac{n(\text{C})}{n(\text{C})} = \frac{4,3626 \text{ mol}}{4,3626 \text{ mol}} = 1,0000$$

$$\frac{n(\text{H})}{n(\text{C})} = \frac{8,7256 \text{ mol}}{4,3626 \text{ mol}} = 2,0001$$

Suhdeluvut ovat riittävällä tarkkuudella kokonaislukuja, joten $n(\text{C}):n(\text{H}) = 1:2$.

Hiilivedyn suhdekaava on CH_2 .

2.12 Mineraalin suhdekaava ja kideveden määrä

Erään sulfaattimineraalin koostumus massaprosentteina on: Al 5,7 %, K 8,2 %, S 13,5 %, H 5,1 % ja loput happea. Lisäksi tiedetään, että kaikki vetyatomit ovat kidevesien osana.

a) Ratkaise mineraalin suhdekaava. Merkitse alkuaineet niiden kemiallisen merkin mukaiseen aakkosjärjestykseen.

b) Kuinka monta sulfaatti-iona mineraalissa on kohdan a) suhdekaavan perusteella?

Perustele.

c) Ratkaise mineraalin sisältämän kideveden massaprosenttinen osuus. Pyöristä vastaus kokonaisluvuksi.

d) Esitä mineraalin kaava kohtien b) ja c) vastausten perusteella.

Ratkaisu:

a)

$$m\text{-(Al)} = 5,7 \%$$

$$m\text{-(K)} = 8,2 \%$$

$$m\text{-(S)} = 13,5 \%$$

$$m\text{-(H)} = 5,1 \%$$

$$M(\text{Al}) = 26,98 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{K}) = 39,10 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{S}) = 32,07 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{H}) = 1,008 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{O}) = 16,00 \text{ g/mol}$$

Lasketaan hapen massaprosenttinen osuus.

$$m\text{-(O)} = (100,0 - 5,7 - 8,2 - 13,5 - 5,1) \% = 67,5 \%$$

Kun näytteen massaksi valitaan 100,0 g, eri alkuaineatomien massat ovat

$$m(\text{Al}) = 5,7 \text{ g}$$

$$m(\text{K}) = 8,2 \text{ g}$$

$$m(\text{S}) = 13,5 \text{ g}$$

$$m(\text{H}) = 5,1 \text{ g}$$

$$m(\text{O}) = 67,5 \text{ g}.$$

Lasketaan alkuaineatomien ainemäärät.

$$n(\text{Al}) = \frac{5,7 \text{ g}}{26,98 \text{ g/mol}} = 0,2113 \text{ mol}$$

$$n(\text{K}) = \frac{8,2 \text{ g}}{39,10 \text{ g/mol}} = 0,2097 \text{ mol}$$

$$n(\text{S}) = \frac{13,5 \text{ g}}{32,07 \text{ g/mol}} = 0,42095 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}) = \frac{5,1 \text{ g}}{1,008 \text{ g/mol}} = 5,060 \text{ mol}$$

$$n(\text{O}) = \frac{67,5 \text{ g}}{16,00 \text{ g/mol}} = 4,2188 \text{ mol}$$

Jaetaan kukin ainemäärä pienimmällä, eli kaliumin ainemäärällä.

$$\frac{n(\text{Al})}{n(\text{K})} = \frac{0,2113 \text{ mol}}{0,2097 \text{ mol}} = 1,008$$

$$\frac{n(\text{K})}{n(\text{K})} = \frac{0,2097 \text{ mol}}{0,2097 \text{ mol}} = 1,000$$

$$\frac{n(\text{S})}{n(\text{K})} = \frac{0,42095 \text{ mol}}{0,2097 \text{ mol}} = 2,007$$

$$\frac{n(\text{H})}{n(\text{K})} = \frac{5,060 \text{ mol}}{0,2097 \text{ mol}} = 24,13$$

$$\frac{n(\text{O})}{n(\text{K})} = \frac{4,2188 \text{ mol}}{0,2097 \text{ mol}} = 20,118$$

Suhdeluvut ovat epätarkimpien lähtöarvojen mukaisella tarkkuudella kokonaislukuja, joten $n(\text{Al}):n(\text{K}):n(\text{S}):n(\text{H}):n(\text{O}) = 1:1:2:24:20$.

Kun alkuaineet merkitään niiden kemiallisen merkin mukaiseen aakkosjärjestykseen, suhdekaava on $\text{AlH}_{24}\text{KO}_{20}\text{S}_2$.

b) Mineraalissa on suhdekaavan perusteella kaksi sulfaatti-ionia (SO_4^{2-}).

Perustelu: Alumiini-ionin sähkövaraus on 3+ ja kaliumionin 1+. Ionien sähkövarausten summan tulee olla nolla. Koska yhden sulfaatti-ionin sähkövaraus on 2-, tarvitaan niitä kaksi kappaletta.

c) Koska kaikki vetyatomit (24 kappaletta) ovat kidevesien osana, kidevesimolekyylien lukumäärä on 12. Myös happiatomien lukumäärä täsmää 12 kidevesimolekyylin rakenteeseen, sillä happiatomeja on yhteensä 20, joista 8 on kahdessa sulfaatti-ionissa (kohta b).

Lasketaan 12 kidevesimolekyylin moolimassan osuus (prosentteina) koko yhdisteen moolimassasta.

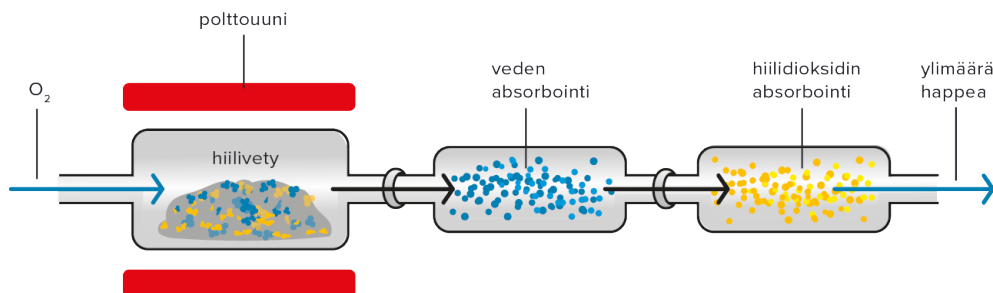
$$\begin{aligned} m\text{-(H}_2\text{O)} &= \frac{24 \cdot 1,008 \text{ g/mol} + 12 \cdot 16,00 \text{ g/mol}}{26,98 \text{ g/mol} + 39,10 \text{ g/mol} + 2 \cdot 32,07 \text{ g/mol} + 24 \cdot 1,008 \text{ g/mol} + 20 \cdot 16,00 \text{ g/mol}} \cdot 100 \% \\ &= \frac{216,192 \text{ g/mol}}{474,412 \text{ g/mol}} \cdot 100 \% = 45,5705 \% \approx 46 \% \end{aligned}$$

d) $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

2.13 Hiilivedyn polttoanalyysi

Orgaanisen yhdisteen polttoanalyysillä voidaan määrittää esimerkiksi se, kuinka paljon hiiltä, vetyä ja happea orgaaninen yhdiste sisältää. Kun eri alkuaineiden määrät ovat selvillä, yhdisteen suhdekaava voidaan ratkaista laskennallisesti. Olli Orgaanikko halusi selvittää polttoanalyysillä tuntemattoman hiilivedyn suhdekaavan. Yksinkertaistettu kaavio hänen käyttämästään laitteistosta on esitetty oheisessa kuvassa.

Laitteiston mukana tullessa työohjeessa ohjeistettiin, että suhdekaavan laskemista varten veden ja hiilidioksidin absorbointiin käytetty putki sisältöineen tulee punnita ennen polttamista ja uudelleen polttamisen jälkeen.



- a) Kuvaile sanallisesti Olli Orgaanikon käyttämän laitteiston periaate.
- b) Perustele, miksi happea tulee olla ylimäärin.
- c) Olli Orgaanikon käyttämässä laitteistossa veden absorbointiin (imeyttämiseen) käytetään kidevedetöntä kupari(II)sulfaattia, joka on valkoista, kiinteää ainetta. Polttoanalyysin loputtua Olli havaitsi, että kupari(II)sulfaatti oli muuttunut siniseksi, mutta aine oli säilynyt kiinteänä. Miten tämä havainto on selitettävissä?
- d) Selitä, kuinka Olli Orgaanikko saa laskettua polttoanalyysin tuloksista tutkimansa hiilivedyn suhdekaavan.
- e) Pohdi, mitä muita tietoja muodostuneen hiilidioksidin ja veden määrän lisäksi Olli Orgaanikko tarvitsee, mikäli hän haluaa määrittää tuntemattoman alkoholin suhdekaavan edellä kuvatulla polttoanalyysillä.

Ratkaisu:

- a) Hiilivety laitetaan polttouuniin, johon johdetaan happikaasua. Happikaasua on ylimäärin, joten uunissa tapahtuu hiilivedyn täydellinen palamisreaktio (hiilivety reagoi täydellisesti hapen kanssa). Hiilivedyn täydellisessä palamisreaktiossa muodostuu vettä ja hiilidioksidia, jotka kerätään omiin astioihinsa. Ylimääräinen happi poistuu laitteistosta.
- b) Mikäli happea ei olisi ylimäärin, hiilivedyn palaminen olisi epätäydellistä. Tällöin kaikki hiilivedyn hiiliatomit eivät muuttuisi hiilidioksidiksi, vaan reaktiossa muodostuisi myös hiilimonoksidia ja mahdollisesti nokea (alkuainehiiltä).
- c) Kidevedetön kupari(II)sulfaatti on hygroskooppinen aine, eli se sitoo kiinteään kidehilaansa vesimolekyylejä (kidevettä). Kidevedellinen kupari(II)sulfaatti ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) on sininen yhdiste.
- d) Lasketaan muodostuneen hiilidioksidin massa.
 $m(CO_2) = m$ (hiilidioksidin absorbointiin käytetty putki polton jälkeen) – m (hiilidioksidin absorbointiin käytetty putki ennen polttoa)

Lasketaan hiilidioksidin ainemäärä suureyhtälöllä $n = \frac{m}{M}$.

Koska yksi hiilidioksidimolekyyli sisältää yhden hiiliatomin, tutkitun hiilivedyn hiiliatomien ainemäärä on sama kuin hiilidioksidin ainemäärä eli $n(\text{C}) = n(\text{CO}_2)$.

Lasketaan muodostuneen veden massa.

$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{veden absorbointiin käytetty putki polton jälkeen}) - m(\text{veden absorbointiin käytetty putki ennen polttoa})$

Lasketaan veden ainemäärä suurehtälöllä $n = \frac{m}{M}$.

Koska yksi vesimolekyyli sisältää kaksi vetyatomia, tutkitun hiilivedyn vetyatomien ainemäärä on kaksinkertainen verrattuna muodostuneen veden ainemäärään eli $n(\text{H}) = 2 \cdot n(\text{H}_2\text{O})$.

Suhdekaavaa varten muodostetaan hiilen ja vedyn ainemääristä pienin kokonaislukusuhte.

e) Hänen tulee tietää hiili- ja vetyatomien ainemäärien lisäksi happiatomien ainemäärä.

Happiatomien ainemäärä saadaan ratkaistua, kun ensin selvitetään poltetun näytteen sisältämien happiatomien massa. Tätä varten hänen tulisi tietää poltetun alkoholin massa.

Happiatomien massa saadaan lausekkeesta $m(\text{O}) = m(\text{alkoholi}) - m(\text{C}) - m(\text{H})$.

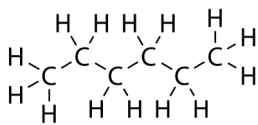
Koska hiili- ja vetyatomien ainemäärä saadaan ratkaistua palamisreaktiossa muodostuneiden hiilidioksidin ja veden ainemääristä, hapen massan lauseke on:

$m(\text{O}) = m(\text{alkoholi}) - n(\text{C}) \cdot M(\text{C}) - n(\text{H}) \cdot M(\text{H})$.

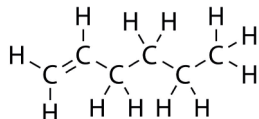
Happiatomien ainemäärä saadaan lopulta ratkaistua suurehtälöstä $n = \frac{m}{M}$.

2.14 Tulkitse rakennekaavoja

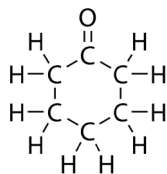
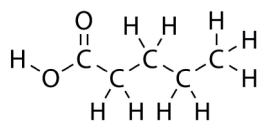
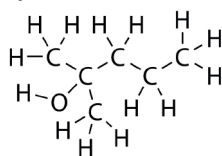
Laadi rakennekaavoista molekyylikaava.



b)



c)



Ratkaisu:

a) C_6H_{14}

b) C_6H_{14}

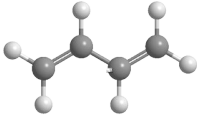
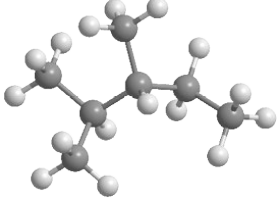
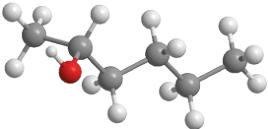
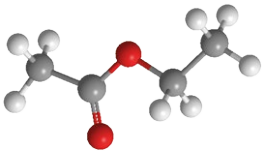
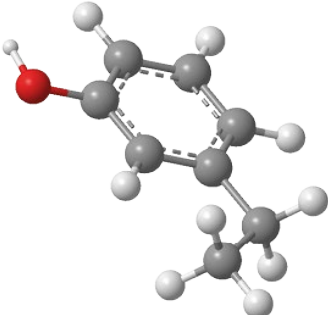
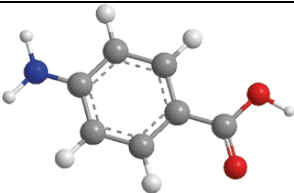
c) $C_6H_{14}O$

d) $C_5H_{10}O_2$

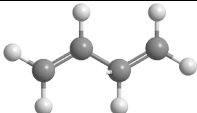
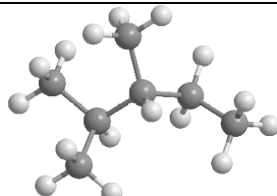
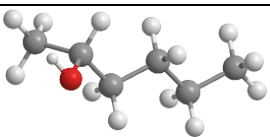
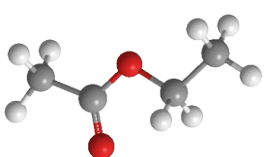
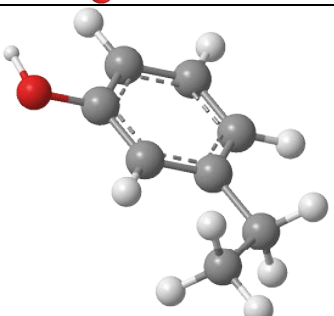
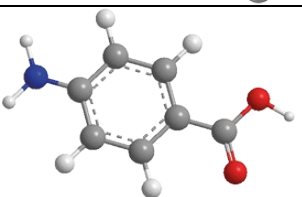
e) $C_6H_{10}O$

2.15 Tulkitse molekyylimalleja.

Täydennä taulukko.

Molekyylimalli	Molekyylikaava	Suhdekaava
		
		
		
		
		
		

Ratkaisu:

Molekyylimalli	Molekyylikaava	Suhdekaava
	C_4H_{10}	CH_3
	C_7H_{16}	C_7H_{16}
	$C_6H_{14}O$	$C_6H_{14}O$
	$C_4H_8O_2$	C_2H_4O
	$C_8H_{10}O$	$C_8H_{10}O$
	C_7H_7NO	C_7H_7NO

2.16 Harjoittele rakennekaavojen piirtämistä

Piirrä kuusi hiiliatomia sisältävä molekyyli.

a) Muokkaa rakennetta siten, että siinä näkyvät kaikki hiili- ja vetyatomit (= täydellinen rakennekaava).

b) Korvaa hiiliatomista 2 yksi vetyatomi klooriatomilla.

c) Poista klooriatomi ja lisää hiiliatomiin 2 alkoholeille tyypillinen –OH-ryhmä.

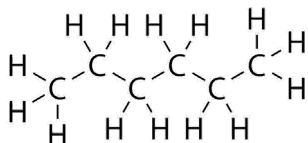
d) Poista –OH-ryhmä hiiliatomista 2 ja lisää kaksoissidos hiiliatomien 1 ja 2 välille.

e) Esitä kohdan d) rakennekaava myös viivakaavalla.

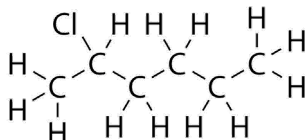
f) Piirrä kuuden hiiliatomin syklinen (rengasrakenteinen) yhdiste. Esitä yhdisteen täydellinen rakennekaava ja viivakaava.

Ratkaisu:

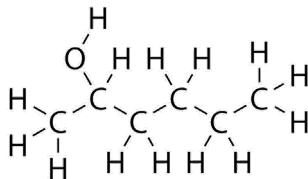
a)



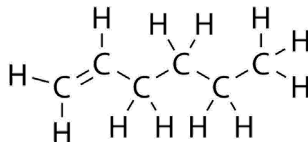
b)



c)



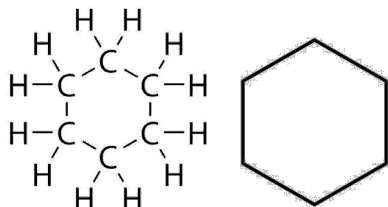
d)



e)



f)



2.17 Rakennekaava yhdisteen nimen perusteella

Tehtävässä 2.14 esitettyjen yhdisteiden nimet ovat

- a) heksaani (hexane).
- b) heks-1-eeni (hex-1-ene).
- c) 2-metyylipentan-2-oli (2-methyl-pentan-2-ol).
- d) pentaanihappo (pentanoic acid).
- e) sykloheksanoni (cyclohexanone).

Esitä yhdisteiden viivakaavat.

Ratkaisu:

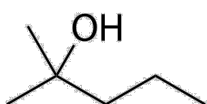
a)



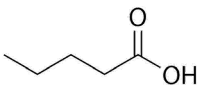
b)



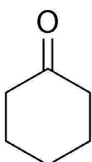
c)



d)



e)



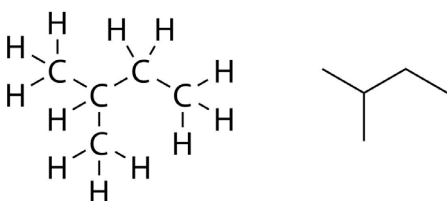
2.18 Rakennekaavan erilaiset esittämistavat

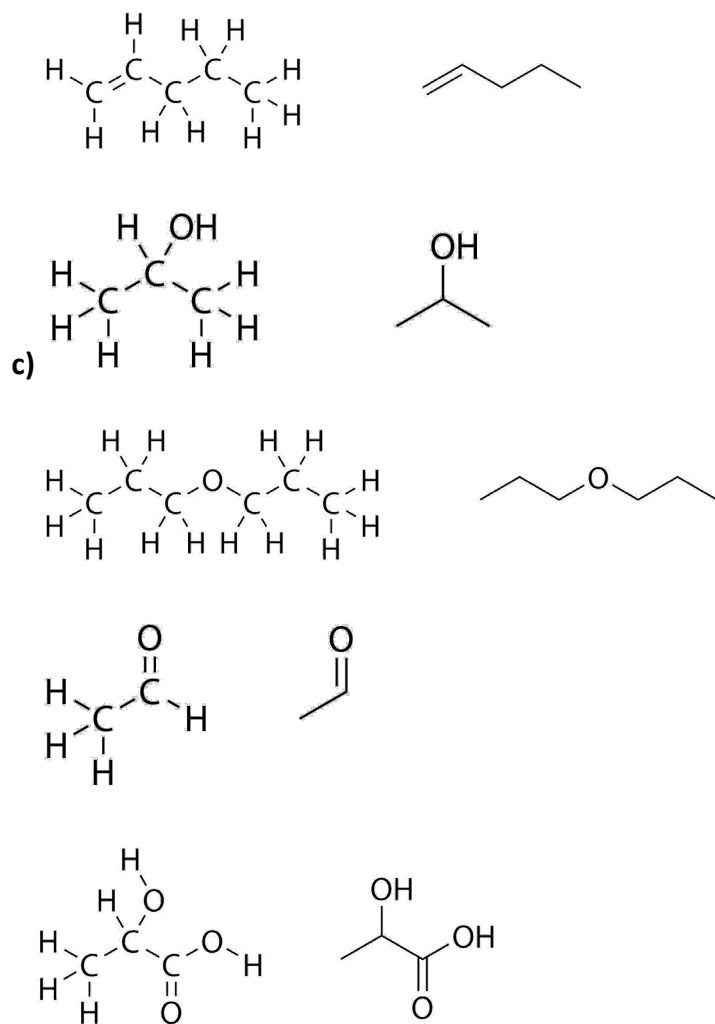
Esitä yhdisteiden täydellinen rakennekaava ja viivakaava.

- a) 2-metyylibutaani (2-methylbutane)
- b) pent-1-eeni (pent-1-ene)
- c) propan-2-oli (propan-2-ol)
- d) dipropyylieetteri (dipropylether)
- e) etanaali (ethanal)
- f) 2-hydroksipropaanihappo (2-hydroxypropanoic acid)

Ratkaisu:

a)





2.19 Sama molekyylikaava – eri rakennekaava

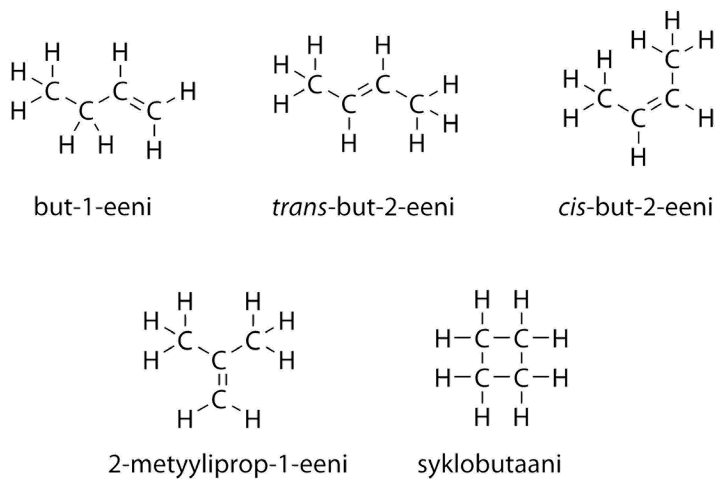
Esitä kaikki mahdolliset rakennekaavat, kun yhdisteen molekyylikaava on

a) C_4H_8 .

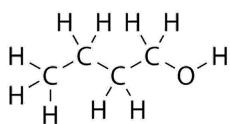
b) $C_4H_{10}O$.

Nimeä kaikki yhdisteet.

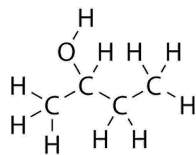
Ratkaisu:



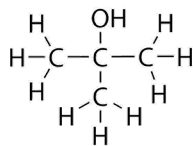
b)



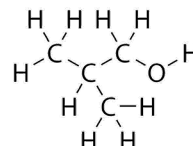
butan-1-oli



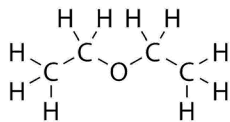
butan-2-oli



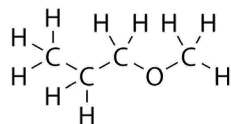
2-metyylibutan-2-oli



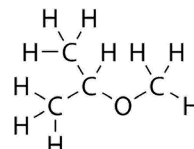
2-metyylipropan-1-oli



dietyylieetteri



etyylimetyylieetteri



isopropyylimetyylieetteri