

KEEMIAÜLESANNETE LAHENDAMISE LAHTINE VÕISTLUS

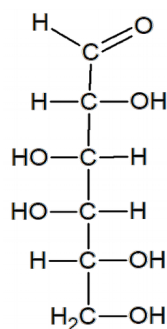
Vanem rühm (11. ja 12. klass)

Kohtla-Järve, Kuressaare, Narva, Pärnu, Tallinn ja Tartu

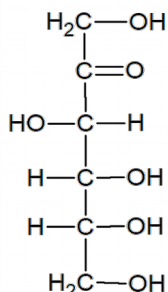
6. oktoober 2018

1.

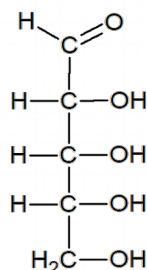
a)



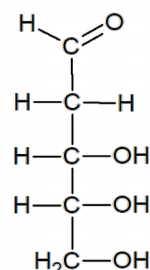
D-galaktoos



D-fruktoos



D-riboos



D-desoksüriboos

1 p iga õige ühendi eest. (4)

b) Võrrandist (3): $y = 6/2 = 3$ (0,5)

Võrrandist (2): $z = 5/3y = 5$ (0,5)

Võrrandist (4): $k = z = 5$ (0,5)

Võrrandist (1): $x = (6y - 3)/3 = 5$ (0,5)

c) Tekkeentalpia leidmiseks tuleb lähteainetes sidemete katkestamiseks vajalikust energiast lahutada energia, mis vabaneb sidemete tekkimisel.

$$\begin{aligned} \Delta H_{f, \text{glükoos}} &= (12 \Delta H_{\text{C-C}} + 6 \Delta H_{\text{H-H}} + 3 \Delta H_{\text{O=O}}) - \\ &- (5 \Delta H_{\text{C-C}} + 5 \Delta H_{\text{C-O}} + 7 \Delta H_{\text{C-H}} + 5 \Delta H_{\text{O-H}} + \Delta H_{\text{C=O}}) = (12 \cdot 346 + 6 \cdot 432 + 3 \cdot 494) - \\ &- (5 \cdot 346 + 5 \cdot 358 + 7 \cdot 413 + 5 \cdot 459 + 799) = -1279 \text{ kJ/mol} \end{aligned} \quad (2)$$

Footoni energia:

$$E(\text{footon}) = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \cdot 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s} \cdot \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{550 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 217 \text{ kJ/mol} \quad (1)$$

Ühe mooli glükoosi sünteesil lihtainetest vabaneb footoneid:

$$n(\text{footon}) = \frac{\Delta H_{f, \text{glükoos}} \cdot n(\text{glükoos})}{E(\text{footon})} = 1279 \text{ kJ/mol} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{217 \text{ kJ/mol}} = 5,89 \text{ mol} \quad (1)$$

d) Glükoosi sünteesi reaktsioonientalpia saab leida reaktsioonivõrrandi, arvutatud glükoosi tekkeentalpia ja CO_2 , H_2O ja O_2 tekkeentalpiate järgi. Kõigi lihtainete, sealhulgas O_2 , tekkeentalpia väärtus on 0 kJ/mol.

$$\begin{aligned} \Delta H_r &= \Delta H_{f, \text{glükoos}} + 6 \Delta H_{f, \text{O}_2} - 6 \Delta H_{f, \text{CO}_2} - 6 \Delta H_{f, \text{H}_2\text{O}} = -1279 + 6 \cdot 0 - \\ &- 6 \cdot (-395,5) - 6 \cdot (-285,8) = 2809 \text{ kJ/mol} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\text{Fotosünteesil kulub footoneid: } 2809 \text{ kJ} / (217 \text{ kJ} \cdot 0,03) = 431,5 \text{ mol} \quad (1)$$

12 p

2.

a) Amfoteersed metallid moodustavad leeliste vesilahustega reaktsioonil komplekse, mille käigus eraldub vesinik. Ülesande tingimusi rahuldab alumiinium:

$$M(\mathbf{C}) = 26,982 \text{ g/mol} / 0,2013 = 134,04 \text{ g/mol.}$$

Kui kompleksis **C** on 4 OH rühma, siis leelises **B** sisalduva metalli mass on:

$$M(\text{Metall}) = 134,04 \text{ g/mol} - 26,982 \text{ g/mol} - 4 \cdot 17,01 \text{ g/mol} = 39,03 \text{ g/mol, mis vastab kaaliumi molaarmassile.}$$

X – Al, alumiinium (1)

C – $\text{KAl}(\text{OH})_4$, kaaliumtetrahydroksüalumiinaat (1)

b) **A** – $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, alumiiniumkaaliumsulfaatdodekahüdraat (2)

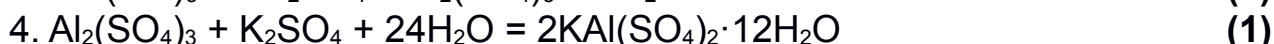
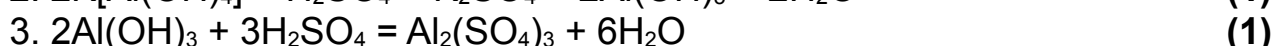
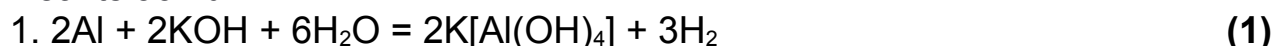
B – KOH, kaaliumhüdrosiid (1)

D – K_2SO_4 , kaaliumsulfaat (1)

E – $\text{Al}(\text{OH})_3$, alumiiniumhüdrosiid (1)

F – $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, alumiiniumsulfaat (1)

c) Reaktsioonid:



12 p

3.

a) Kloraali brutovalem tulenevalt kloreerimisreaktsioonist avaldub kui $\text{C}_2\text{H}_x\text{OCl}_y$, kus x ja y on vastavate elementide täisarvulised koefitsiendid.

$$\text{Kehtib võrrand: } M(\text{kloraal}) = n(\text{C})M(\text{C}) + n(\text{O})M(\text{O}) + n(\text{H})M(\text{H}) + n(\text{Cl})M(\text{Cl}) \quad (1)$$

Asendades:

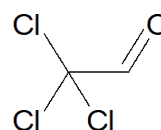
$$147,38 \text{ g/mol} = 2 \cdot 12,01 \text{ g/mol} + 16,00 \text{ g/mol} + 1,01x \text{ g/mol} + 35,45y \text{ g/mol}$$

$$1,01x + 35,45y = 107,36 \text{ g/mol}$$

Aatomite sidemete arvu arvesse võttes sobib lahendiks: $y = 3$ ja $x = 1$.

Brutovalem seega: C_2HOCl_3 (1)

Kloraali valem lähtuvalt lahenditest ja vihjetest tekstis:

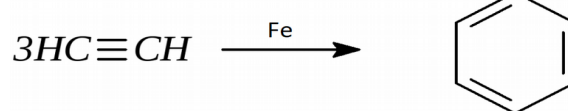


(1)

Süsteemne nimetus: 2,2,2-trikloroetanaal (1)

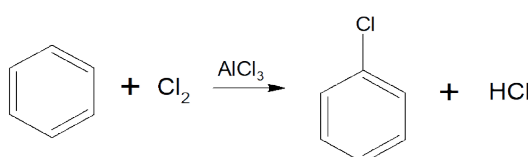
b) Reaktsioonivõrrand: $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 4\text{Cl}_2 \rightarrow \text{Cl}_3\text{C}-\text{CHO} + 5\text{HCl}$ (1)

c) Etüünist benseeni süntees:



(1)

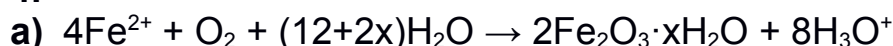
Benseeni kloreerimine:



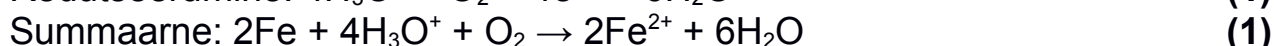
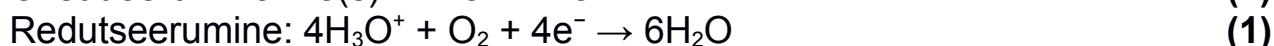
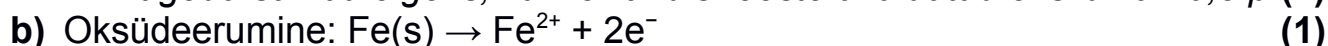
Katalüsaator AlCl_3 on vajalik suurendamaks kloori aatomi elektrofiilsust, tekitades sellele positiivse osalaengu ning seeläbi võimaldades asendusreaktsiooni.

Reaktsioon ilma katalüsaatorita 0,5 p, õige katalüsaator 0,5 p, õige põhjendus 1 p. (2)

4.



H⁺ lugeda samuti õigeks, kui võrrandis rooste avaldatud oksiidina -0,5 p (2)



(H⁺ lugeda samuti õigeks)

c) Elemendi potentsiaal standardsetel tingimustel (298 K, 100 kPa, kõik kontsentratsioonid 1 mol·dm⁻³), $E^\circ_{\text{rakk}} = E^\circ_{\text{red}} - E^\circ_{\text{ox}} = 1,67 \text{ V}$. (1)

Gibbsi energia muut standardsetel tingimustel:

$$\Delta G^\circ = -nFE^\circ_{\text{rakk}} = -4 \cdot 96500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 1,67 \text{ V} = -645000 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \quad (1)$$

ΔG° saab ka avaldada kui $\Delta G^\circ = -RT \ln(K)$, ehk sellest saame K :

$$\ln(K) = -\Delta G^\circ / (RT) = 645000 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} / (8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 298 \text{ }^\circ\text{C}) = 260$$

$$K = e^{260} = 10113 \quad (\text{võib jääda ka } e^{260} \text{ kujule}) \quad (1)$$

d) Nernsti võrrand: $E_{\text{rakk}} = E^\circ_{\text{rakk}} - RT \ln(Q) / (nF)$, kus Q on reaktsiooni korrutis:

$$Q = [\text{Fe}^{2+}]^2 / ([\text{H}_3\text{O}^+]^4 \cdot [\text{O}_2]),$$

kus kontsentratsioonid on hetkelised kontsentratsioonid.

$$[\text{Fe}^{2+}] = 5 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} = 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \quad (0,5)$$

$$[\text{O}_2] = 8 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3} / (32000 \text{ mg} \cdot \text{mol}^{-1}) = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \quad (0,5)$$

$$Q = 10^{27} \quad (1)$$

$$E_{\text{rakk}} = 1,67 \text{ V} - 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 298 \text{ K} \cdot \ln(10^{27}) / (4 \cdot 96500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}) = 1,27 \text{ V} \quad (1)$$

Jah, reaktsioon toimub spontaanselt, sest $E > 0$. (1)

12 p

5.

a) Esimesel tiitrimisel leiti Fe^{3+} iooni sisaldus

Teisel tiitrimisel Al^{3+} ja Fe^{3+} sisaldused

Kolmandal tiitrimisel Mg^{2+} sisaldus

kõik õige 2 p, kaks õiget 1 p, üks õige 0,5 p

b) $n(\text{Fe}^{3+}) = 100 \text{ ml} / 2 \text{ ml} \cdot 10,02 \text{ ml} \cdot 0,01 \text{ mol/dm}^3 \cdot 1/1000 \text{ dm}^3/\text{ml} = 5,01 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ (1)

$$n(\text{Fe}^{3+} + \text{Al}^{3+}) = 100 \text{ ml} / 1 \text{ ml} \cdot 1/1000 \text{ dm}^3/\text{ml} \cdot (55,0 \text{ ml} \cdot 0,01 \text{ mol/dm}^3 - 5,09 \text{ ml} \cdot 0,005 \text{ mol/dm}^3) = 0,0525 \text{ mol} \quad (1)$$

$$n(\text{Al}^{3+}) = n(\text{Fe}^{3+} + \text{Al}^{3+}) - n(\text{Fe}^{3+}) = 0,0474 \text{ mol} \quad (1)$$

$$n(\text{Mg}^{2+}) = 100 \text{ ml} / 1 \text{ ml} \cdot 18,10 \text{ ml} \cdot 0,01 \text{ mol/dm}^3 \cdot 1/1000 \text{ dm}^3/\text{ml} = 0,0181 \text{ mol} \quad (1)$$

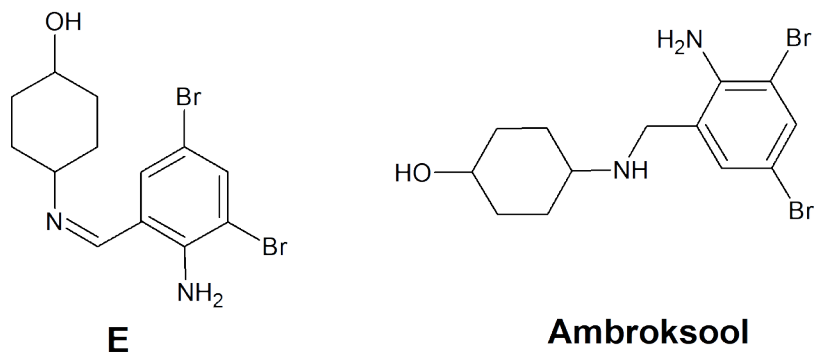
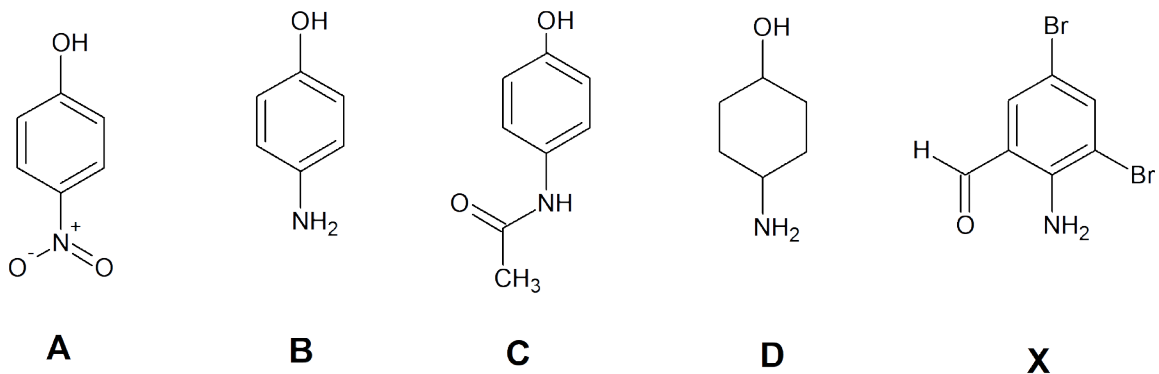
c) $m(\text{Al}^{3+} + \text{Fe}^{3+} + \text{Mg}^{2+}) = 27,0 \text{ g/mol} \cdot 0,0474 \text{ mol} + 55,85 \text{ g/mol} \cdot 5,01 \cdot 10^{-3} \text{ mol} + 24,3 \text{ g/mol} \cdot 0,0181 \text{ mol} = 2,00 \text{ g}$

Jah sisaldas, sest leitud metallide mass on väiksem proovi massist. (1)

7 p

6.

a) 1 p iga õige ühendi eest.

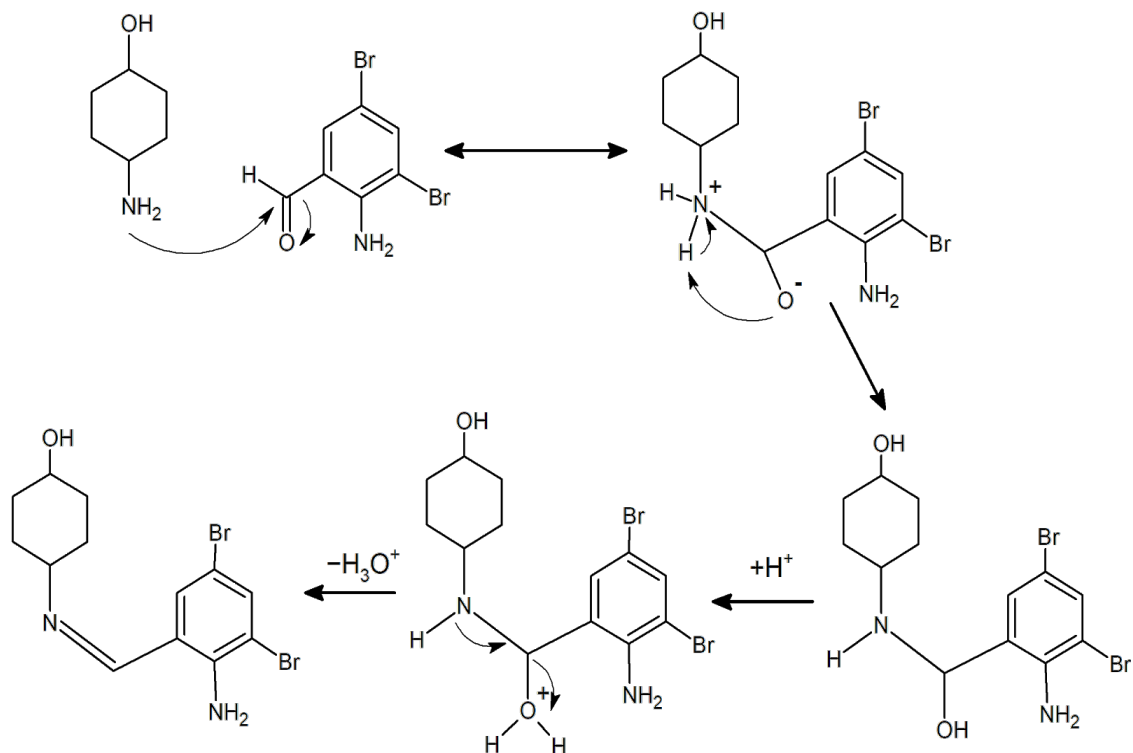


(7)

b) Sobivateks ühenditeks on näiteks: LiAlH_4 , NaBH_4 , NaBH_3CN , $\text{Fe}/\text{CH}_3\text{COOH}$, kat.(Ir, Rh, Ru)/ H_2 .

(1)

c)



(3)

11 p

7.

- a) $2\text{NOCl} + \text{CO} = 2\text{NO} + \text{COCl}_2$ (1)
 $2\text{AgCl} + \text{CO} = \text{COCl}_2 + 2\text{Ag}$ (1)
 $\text{PtCl}_2 + \text{CO} = \text{COCl}_2 + \text{Pt}$ (1)

b) Fosgeeni Lewise struktuur:



c) Vaheproduktid on: $\text{COCl}\cdot$ ja $\text{Cl}\cdot$ (1)

Esimesest tasakaalust saame: $K_1 = \frac{[\text{Cl}\cdot]^2}{[\text{Cl}_2]} \rightarrow [\text{Cl}\cdot] = \sqrt{K_1[\text{Cl}_2]}$ (1)

$\text{COCl}\cdot$ tekkimise avaldis statsionaarse kontsentratsiooni meetodil:

$$\frac{d[\text{COCl}\cdot]}{dt} = k_2[\text{Cl}\cdot][\text{CO}] - k_3[\text{Cl}_2][\text{COCl}\cdot] - k_4[\text{Cl}\cdot][\text{COCl}\cdot] - k_5[\text{Cl}\cdot][\text{COCl}\cdot] = 0$$

$$[\text{COCl}\cdot](k_3[\text{Cl}_2] + k_4[\text{Cl}\cdot] + k_5[\text{Cl}\cdot]) = k_2[\text{Cl}\cdot][\text{CO}]$$

$$[\text{COCl}\cdot] = \frac{k_2[\text{Cl}\cdot][\text{CO}]}{(k_3[\text{Cl}_2] + k_4[\text{Cl}\cdot] + k_5[\text{Cl}\cdot])}$$

Asendades kloori radikaal:

$$[\text{COCl}\cdot] = \frac{k_2\sqrt{K_1[\text{Cl}_2}][\text{CO}]}{(k_3[\text{Cl}_2] + k_4\sqrt{K_1[\text{Cl}_2}] + k_5\sqrt{K_1[\text{Cl}_2]})}$$

lugeda õigeks nii asendatud kui asendamata avaldis (1)

d) Fosgeeni tekkimise kiirus:

$$\frac{d[\text{COCl}_2]}{dt} = k_3[\text{Cl}_2][\text{COCl}\cdot] + k_4[\text{Cl}\cdot][\text{COCl}\cdot] = [\text{COCl}\cdot](k_3[\text{Cl}_2] + k_4[\text{Cl}\cdot])$$
 (2)

Asendades vaheproduktide kontsentratsioonid:

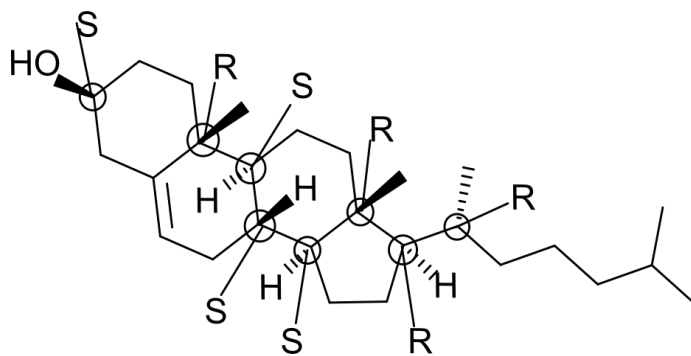
$$\frac{d[\text{COCl}_2]}{dt} = \frac{k_2\sqrt{K_1[\text{Cl}_2}][\text{CO}]}{(k_3[\text{Cl}_2] + k_4\sqrt{K_1[\text{Cl}_2}] + k_5\sqrt{K_1[\text{Cl}_2]})} (k_3[\text{Cl}_2] + k_4\sqrt{K_1[\text{Cl}_2]})$$
 (1)

e) Järk CO suhtes on üks või $j(\text{CO})=1$, kus j on reaktsiooni järk (1)

12 p

8.

a) Joonisel on kiraalsustsentrid märgitud ringidega, nooled tähtedelt S või R näitavad, et märgitud kiraalsustsentrid on vastavalt S- või R-konfiguratsioonis.

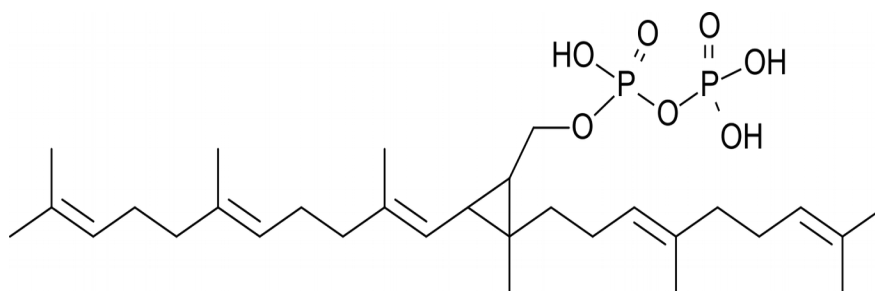


Märgitud õiged kiraalsustsentrid 1 p

Konfiguratsioonid: 2 õiget 0,5 p, 3-4 õiget 1 p, 5-6 õiget 1,5 p, 7-8 õiget 2 p

(3)

b)

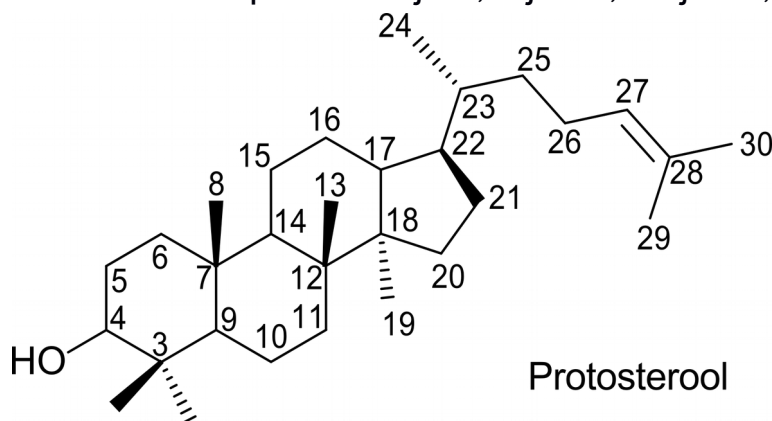


(1)

c) Stereokeemia puudub sidemetel 1 ja 5. Mõlemad õigesti märgitud 0,5 p
E-konfiguratsioon on sidemetel 2, 3 ja 4. Iga sideme õigesti märkimise eest 0,5 p, kokku maksimaalselt 1,5 p

(2)

d) Side tekib süsinikuaatomite paaride 3 ja 9, 7 ja 14, 12 ja 18, 17 ja 22



(2)

8 p