

Tallinna XXVI koolinoorte keemiaolümpiaadi koolivoor

2025.–2026. õa

9. detsembril 2025 kell 12.00–15.00

Enne töö alustamist joonistage puhtandi tiitellehele järgnev tabel ja täitke nimede ja kooli lahtrid.

12. klass		I	II	III	IV	Σ
Õpilase nimi						
Õpetaja nimi						
KOOL						

Kasutada võib keemiliste elementide perioodilisussüsteemi tabelit, lahustuvustabelit ja kalkulaatorit.

1. ÜLESANNE (10 punkti)

Tabelis on mitmete ainete standardised tekkeentalpiad ja molaarsed entroopiad.

Aine	H ₂ S(g)	S(t)	SO ₂ (g)	SO ₃ (g)	O ₂ (g)	H ₂ O(g)	H ₂ O(v)
$\Delta H_f^\circ \left(\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\right)$	–21		–297	–396		–242	–286
$S^\circ \left(\frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}\right)$	206	32	248	257	205	189	70

Ülesande lahendamisel võivad abiks olla järgmised seosed:

$$\Delta H^\circ = \sum \Delta H_f^\circ (\text{saadused}) - \sum \Delta H_f^\circ (\text{lähteained})$$

$$\Delta S^\circ = \sum S^\circ (\text{saadused}) - \sum S^\circ (\text{lähteained})$$

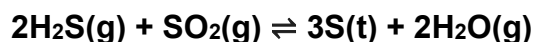
$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$$

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K$$

$$R = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$$

1. Millega selgitada, et tabelisse ei ole kantud väevli ja hapniku standardseid tekkeentalpiaid? (0,5)

Fossiilsetes kütustes sisalduvad väevliühendid muundatakse kütuste töötlemisel gaasiliseks divesiniksulfiidiks, mis omakorda oksüdeeritakse väevlikuks. See on peamine väevli tootmisreaktsioon:



2. Arvutage väevli tootmisreaktsiooni:

1) standardne entalpiamuut ΔH° ; (1)

2) standardne entroopiamuut ΔS° ; (1)

3) standardne Gibbsi vabaenergia muut ΔG° 300 °C juures; (1)

Eeldage, et selle reaktsiooni standardne entalpiamuut ja entroopiamuut ei sõltu temperatuurist, st kasutage 1) ja 2) alapunktis arvatud suurusi.

4) tasakaalukonstandi K väärtus temperatuuril 300 °C. (1)

3. Hinnake eelmise punkti 4) alapunktis arvatud tasakaalukonstandi väärtuse põhjal, millises suunas on nihutatud 300 °C juures väevli tootmisreaktsiooni tasakaaluasend. (0,5)

4. Kuidas nihutavad väevli tootmisreaktsiooni tasakaaluasendit järgmised tegurid?

1) temperatuuri tõstmine;

2) väevli eemaldamine reaktsioonisegust? (1)

5. On teada, et väävli keemise: $\text{S(v)} \rightarrow \text{S(g)}$ $\Delta H^\circ = 10,5 \text{ kJ}$ ja $\Delta S^\circ = 14,6 \frac{\text{J}}{\text{K}}$
Arvutage selle põhjal väävli keemistemperatuur ja esitage see °C. (1)

Suurem osa toodetud väävlist muundatakse oksiidide kaudu väävelhappeks.

6. On teada, et: $\text{SO}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O(v)} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4(\text{v})$ $\Delta H^\circ = -132 \text{ kJ}$
Arvutage $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{v})$ standardne tekkeentalpia. (1)

7. Mis temperatuuril on keemilise reaktsiooni:
 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ tasakaalukonstant $K = 10^{-2}$? (2)

2. ÜLESANNE (10 punkti)

ESIMENE OSA

Tähtedega A–E tähistatud anumates on järgmiste ainete 0,030 M lahused.

Tähis	A	B	C	D	E
Aine valem	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	K_2CO_3	HNO_3	$\text{Ba}(\text{OH})_2$	NH_4Cl

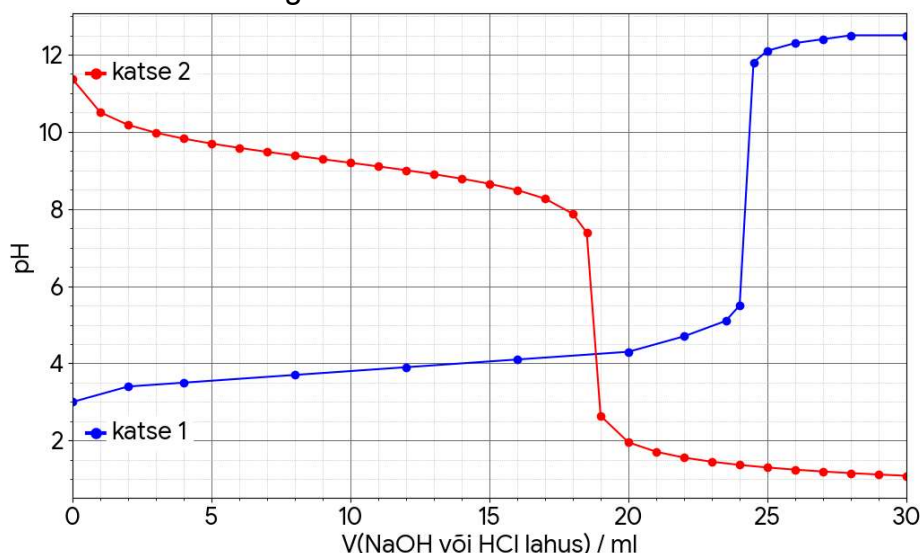
$$K_a(\text{propaanhape}) = 1,3 \cdot 10^{-5} \quad K_b(\text{CO}_3^{2-}) = 2,1 \cdot 10^{-4}$$

$$K_w = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14} \quad K_a = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad K_b = \frac{[\text{BH}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{B}]} \quad \text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

- Järjestage lahused A–E pH kasvu järjekorras, kasutades vastavaid tähiseid. (1)
- Mitu grammi baariumhüdroksiidi on täpselt 1 liitris 0,030 M $\text{Ba}(\text{OH})_2$ lahuses? (1)
- Arvutage järgmiste ainete 0,030 M lahuste pH-d. Näidake vastavad arvutused. (5)
 - $\text{Ba}(\text{OH})_2$
 - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$
 - K_2CO_3

TEINE OSA

Katsetes 1 ja 2 lisati 25 ml nõrga happe või nõrga aluse lahusele vastavalt NaOH või HCl lahust. Diagrammil on kujutatud reaktsioonisegu pH muutumine vastavalt lisatud NaOH või HCl lahuse kogusele.



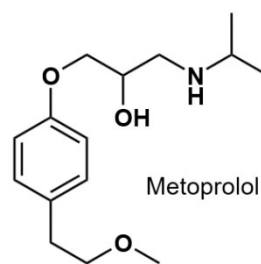
- Kummas katses neutraliseeriti nõrka alust?
Arvutage nõrga aluse lahuse algne kontsentratsioon, kui neutraliseerimiseks kasutati soolhappe 0,400 M lahust ja ained reageerivad moolsuhtes 1:1. (1)
- Kummas katses neutraliseeriti nõrka üheprootonilist hapet?
Mitu ml NaOH lahust kulus selleks, et neutraliseerida pool lahuses olnud üheprootonilisest hapest? Arvutage nende andmete põhjal selle nõrga happe dissotsiatsioonikonstant ja tuvastage see hape järgmiste hulgest. (2)

Hape	hüpokloorishape	äädikhape	bensoehape	piimhape	lämmastikushape
K_a	$3,5 \cdot 10^{-8}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$6,4 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$4,0 \cdot 10^{-4}$

3. ÜLESANNE (10 punkti)

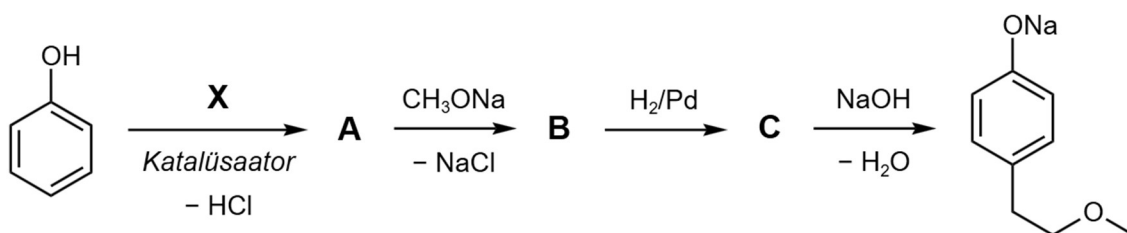
Metoprolol on kõrgvererõhutõve ravim, mis vähendab südame löögisagedust ja alandab vererõhku.

1. Metoprololi molekuli koostises on kahe sellise aineklassi funktsionaalrühmad, mille molekulide vahel esinevad vesiniksidemed. Nimetage need aineklassid. (1)



2. Milline funktsionaalrühm metoprololi molekulis liidab mao happelises keskkonnas prootoni? (0,5)

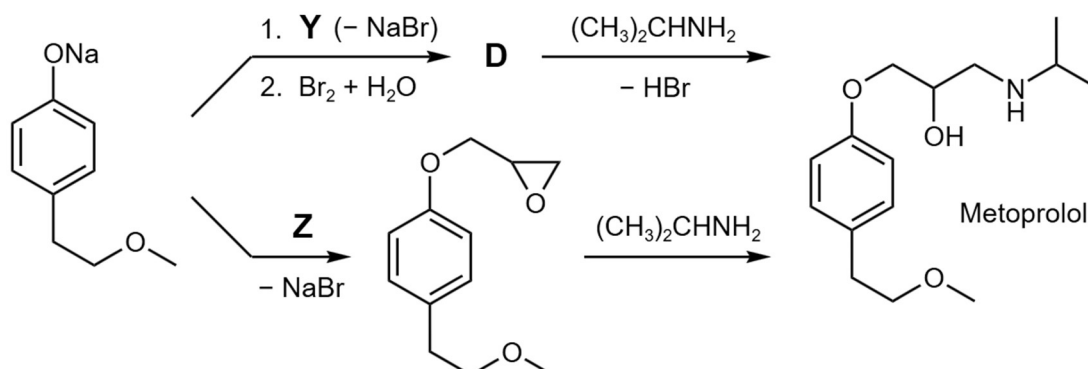
Metoprololi süntees algab fenoolist. Esimese nelja etapi saaduseks on *para*-asendatud fenolaat. On teada, et reagent **X** sisaldab ühte hapniku aatomit ja selle molaarmass $M = 112,94 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.



3. Kirjutage **ühe** anorgaanilise reagenti valem, mis sobiks sünteesi 1. etapis katalüsaatoriks. (0,5)

4. Nimetage reaktsioonitüüp, mis kulgeb sünteesi 2. etapis. (1)

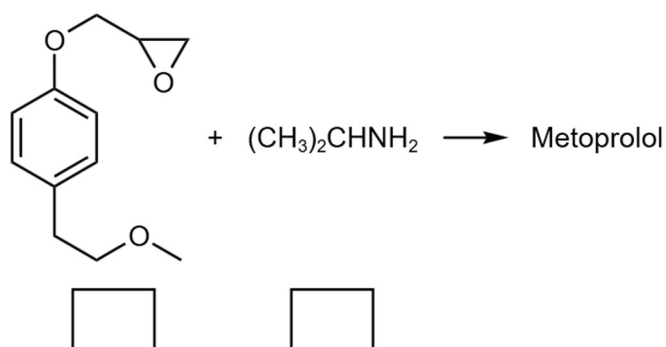
Eelvalmistatud fenolaadist on võimalik kahel viisil metoprololi sünteesida. On teada, et ülemises sünteesirajas toodud reagent **Y** on küllastumata halogeeniühend.



5. Kujutage ühendite **A–D** struktuurivalemid graafiliselt. (4)

6. Kujutage ühendite **X**, **Y** ja **Z** struktuurivalemid graafiliselt. (2)

7. Määrake, kumb metoprololi lähteühend käitub selles reaktsioonis nukleofiilina ja kumb elektrofiilina. Kirjutage lünka vastavalt kas NF või EF. (1)



4. ÜLESANNE (10 punkti)

Luude fikseerimiseks ja hammaste asendamiseks kasutatakse implantaate, kus kulumiskindlust suurendavad nt siirdemetallid. Ühe sellise siirdemetalli aatomi elektronvalem on $[\text{Kr}]5s^14d^5$. Teisel, implantaatides kasutataval metallil, leidub looduses neli isotoopi. Hinnatakse, et selle ühte 53 nukleoniga (tuumaosakesega) isotoopi leidub kõikidest püsivatest selle keemilise elemendi isotoopidest ca 9,5%. Mõlema kirjeldatud keemilise elemendi aatomil on omavahel võrdne nii väliskihi elektronide arv kui ka eelviimase kihi elektronide arv.

1. Kirjutage mõlema kirjeldatud keemilise elemendi nimetused. (1)
2. Kirjutage neid metalle iseloomustava kahe viimase alakihi elektronvalemi üldkuju (nt: IIIA rühma aatomite väliskihi elektronvalemi üldkuju on ns^2np^1). (0,5)
3. Mille poolest erineb kahe kirjeldatud siirdemetalli aatomi elektronide paigutus orbitaalidel enamiku teiste siirdemetallide omast? (0,5)

Implantaatides võib kasutada titaani, mida toodetakse näiteks ilmeniidist (FeTiO_3). Titaani saamine toimub kahes etapis. Esimeses tuleb ilmeniiti kuumutada puhta kloori ja süsinikuga. Reaktsiooni saadusteks on kaks kloriidi ja üks mittemetallioksiid (mittemetalli o.a II). Kloriidides on ühe metalli o.a sama, mis ilmeniidis, ning teine on rohkem oksüdeerunud.

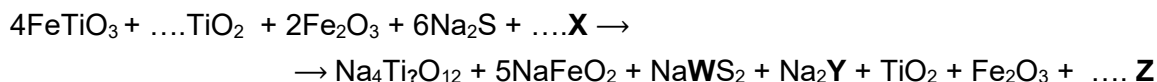
4. Kirjutage ja tasakaalustage kirjeldatud reaktsiooni võrrand. (1)
5. Koostage selle keemilise reaktsiooni redutseerumisprotsessi elektronide üleminekuvõrrand! (0,5)

Teises etapis võetakse implantaadi tootmiseks vajaliku metalli kloriid ja see redutseeritakse täielikult Krolli protsessis magneesiumiga temperatuuril 800–900 °C argooni atmosfääris.

6. Koostage kirjeldatud reaktsiooni tasakaalustatud võrrand. (0,5)

Titaani saab ilmeniidist mitmel eri viisil. Ühes teadusartiklis on kirjeldatud allolevat reaktsioonivõrrandit, mis on osa titaani tootmisprotsessist.

7. Täiendage antud vihjete põhjal järgnevat reaktsioonivõrrandit, lisades puuduvad kordajad, indeksid ja sümbolid. (2)



Vihjed: **X** - lihtaine; **Y** - liitanioon, mida saab kasutada baariumioonide määramiseks; **W** – osakese o.a on III; **Z** - redutseerijast tekkinud saadusaine, mis on ühtlasi väävelhappe "anhüdriidiks"; **?** - indeks.

Titaani saadakse ka kaaliumheksafluorotitanaat(IV) elektrolüüsil.

8. Kirjutage kaaliumheksafluorotitanaat(IV) valem. (0,5)
9. Kirjutage selle aine elektrolüüsil katoodil kulgeva redutseerumise võrrand. (0,5)

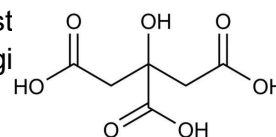
Titaan on madalatel kontsentratsioonidel hapete ja leeliste lahuste suhtes suhteliselt püsiv. Kuningveega $[\text{HNO}_{3(\text{konts})}]$ ja $\text{HCl}_{(\text{konts})}$ segu 1:3 reageerib juba toatemperatuuril.

10. Lõpetage ja tasakaalustage järgnev ioonvõrrand titaani ja kungivee reaktsioonist:



Implantaate võib valmistada ka koobalti sulamitest, mis moodustab kompleksühendeid. Antimikroobse aine komponendiks võib olla roosa tetraammooniumditsitratokobaltaat(II).

11. Kirjutage selle ühendi valem. Tsitraatanioon tuleneb sidrunhappest (vt joonis). Kompleksühendis on tsitraatioon loovutanud kõigi karboksüülrühmade vesinikud. (0,5)



Analüütilises keemias kasutatakse kollast Fischeri soola, mille nimetus on kaaliumheksanitrokobaltaat(III).

12. Kirjutage selle soola valem ja vastava aniooni tasapinnaline struktuurivalem. (1)