

Juhend ja olümpiaadi lahendamise meelepea

- Sinu vastustevihikus peab olema **11 lehekülge**.
- Komplekt koosneb **9 ülesandest, millest arvesse lähevad vaid 6 kõige paremini lahendatud ülesande punktid**.
Sa võid proovida lahendada kõiki ülesandeid või valida enda jaoks kohe kuus sobivat ülesannet.
- Sul on ülesannete lahendamiseks **5 tundi**.
- Mustandipaberina kasuta selle vihiku lehtede tagakülgi.
- Kasuta aega efektiivselt!
Tee kõigepealt ära see, mida oskad.
Kui ühe ülesandega kuidagi toime ei tule, pöördu selle juurde tagasi hiljem.
- Loe alati ülesanne ja küsimused lõpuni.
Ülesande alapunktid pole alati omavahel seotud.
Püüa ülesandest ära teha nii palju, kui oskad, sõltumata sellest, kas oled lõppvastuseni jõudnud või mitte.
- Kirjuta vastused ja arvutused ainult **pastapliiatsiga** selleks ettenähtud **kastidesse**.
Kui kogu vastus ei mahu kasti, siis kirjuta vastus sama lehekülje tagaküljele ning tõmba sellele ise kast ümber. Märki ka ülesande juurde, et vastus paikneb lehe tagaküljel.
- Kirjuta **selge käekirjaga**.
Kui parandaja ei saa käekirjast aru, ei saa ta ka punkte anda!
Paranduste tegemisel tõmba vigasele sõnale/numbrile kriips peale ning kirjuta uuesti.
- Arvulise vastuse esitamisel näita **lahenduskäik**, mille kaudu vastuseni jõudis.

Ülesanded ja vastused (avaldatakse, kui olümpiaad on lõppenud):

www.eko.ut.ee/eko/lv

Palun anna olümpiaadile tagasisidet:

tinyurl.com/EKO2022-tagasiside

Toetajad ja koostööpartnerid:



TARTU ÜLIKOOL
keemia instituut



*Põnevat
olümpiaadikogemust!*



2021/22 õa keemiaolümpiaadi lõppvoorülesanded
9.–10. klass

Ülesanne 1. Lahustuvus (7 p)

Nummerdatud katseklaasides on vase, tsinkoksiidi, vask(II)sulfaadi, naatriumkarbonaadi, magneesiumkarbonaadi, kaaliumnitraadi ja liitiumsulfaadi pulbrid. Kõik katseklaasides olevad ained on valged, välja arvatud katseklaasis nr 1.

- a)** Kirjuta katseklaasis **nr 1** oleva aine valem. (0,5)

1

Vee lisamisel lahustuvad katseklaasides nr 2–5 olevad ained. Katseklaasis nr 2 moodustub sinine lahus ja katseklaasides nr 3–5 tekivad värvitud lahused.

- b)** Kirjuta katseklaasis **nr 2** oleva aine valem. (0,5)

2

Kui katseklaasides nr 3–5 moodustunud lahustele lisada $\text{Ba}(\text{OH})_2$ lahust, siis ainult katseklaasis nr 3 ei teki sade, kuid teistes sadenevad valget värvi soolad (**reaktsioonid i–ii**). Kui katseklaasides nr 3–5 moodustunud lahustele lisada katseklaasist nr 2 sinist lahust, siis tekib ainult katseklaasis nr 4 rohekas sade (**reaktsioon iii**).

- c)** Kirjuta katseklaasides **nr 3–5** olevate ainete valemid. (1,5)

3	4	5
---	---	---

Kui vees lahustumatutele pulbritele lisada NaOH lahust, siis ainult katseklaasis nr 6 toimub reaktsioon, mille käigus moodustub koordinatsiooniühend (**reaktsioon iv**).

- d)** Kirjuta katseklaasis nr 6 oleva aine valem. (0,5)

6

- e)** Kirjuta ja tasakaalusta reaktsioonide **i–iv** võrrandid. (4)

i/ii
ii/i
iii
iv

Ülesanne 2. Ruuthape (8 p)

Ruuthape on orgaaniline hape, mis sisaldab ainult süsiniku, vesiniku ja hapniku aatomeid. 1,000 g ruuthappe põletamisel tekib 0,1580 g vett ja 0,8693 dm³ süsihappegaasi 100 kPa ja 25 °C juures. $pV = nRT$, $R = 8,314 \text{ m}^3 \cdot \text{Pa} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

- a) Määra ruuthappe empiiriline valem ja molekulivalem (summaarne valem), kui on teada, et selle molaarmass on suurem kui äädikhappel, kuid väiksem kui bensoehappel. (2)

--

- b) Joonista ruuthappe struktuurivalem, kui on teada, et see ei sisalda COOH-rühma. (1)

--

- c) Joonista **neli** võimalikku ruuthappe isomeeri struktuurivalemit. (4)

- d) Selgita, miks ruuthape on suhteliselt tugev orgaaniline hape ($K_{a1} = 3 \cdot 10^{-2}$). (1)

--

Ülesanne 3. Liitiumioonaku (8 p)

Li-ioonakus toimuvad kaks poolreaktsiooni. Esimene poolreaktsioon toimub liitiumioonidega dopeeritud koobalt(IV)oksiidis, mille käigus tekib oksiid **A**, kus koobalti oksüdatsiooniaste on III. Teine poolreaktsioon toimub grafiitelektroodil, mille käigus vabanevad liitiumioonid neutraalsest grafiitkompleksist (LiC_6).

Sellised reaktsioonid võimaldavad liitiumioonidel liikuda läbi kahe elektroodi vahelise elektrolüüdi, samal ajal kui elektronid liiguvad läbi välise vooluahela. Levinud elektrolüüt on liitiumisoola lahus. Üks enim kasutatavatest sooladest on **B** (massiprotsent $w_{\text{Li}} = 4,57\%$), mille anioon koosneb kahest elemendist. See hüdrolüüsib vees kergesti, moodustades liitiumfluoriidi ja happed **B** ning **C**. Hapet **B** kasutatakse laialdaselt pesuaine- ja toiduainetööstuses. Hape **C** on väga söövitav ja mürgine.

- a) Kirjuta kahe Li-ioon akus toimuva poolreaktsiooni võrrandid. (1)

i

ii

- b) Määra arvutuste abil aine **B** valem. (2)

- c) Kirjuta aine **B** hüdrolüüsi tasakaalustatud reaktsioonivõrrand. (1)

Mobiiltelefon on varustatud 2800 mA·h liitiumioonakuga ja seda laetakse 1,80 A vooluga.

- d) Arvuta, kui kaua teoreetiliselt kulub selle aku täielikuks laadimiseks? $F = 96485 \text{ A}\cdot\text{s}\cdot\text{mol}^{-1}$. (1)

- e) Arvuta i) koobalt(IV)oksiid- ja ii) grafiitelektroodi minimaalne mass (g). (3)

i)

ii)

Ülesanne 4. Kalorimeetria (9 p)

Kalorimeetria on meetod erisoojuse (c) ja soojusmahtuvuse (C) ning erinevate protsesside soojusefekti määramiseks. Kalorimeeter koosneb veega ($c = 4,186 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) täidetud anumast, segajast ja termomeetrist. Juku otsustas mõõta molaarset lahustumisentalpiat ehk 1 mooli aine lahustumisel eraldunud või kulunud soojushulka. Kalorimeetri sisemise soojusmahtuvuse määramiseks täitis ta kalorimeetri 100,0 g veega ja lisas 2,000 g NaNO_3 , mille lahustumisentalpia on $+20,50 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$. Selle katse käigus langes lahuse temperatuur $1,010 \text{ }^\circ\text{C}$ võrra.

- a) Näita arvutustega, et katses kasutatud kalorimeetri soojusmahtuvus võrdub $59,0 \text{ (J} \cdot \text{K}^{-1})$. (1)

Järgnevalt määras Juku naatriumhüdroksiidi lahustumisentalpia. Selleks pani ta kalorimeetrisse 100,0 g vett ja lisas 2,000 g naatriumhüdroksiidi. Selle katse käigus tõusis lahuse temperatuur $4,660 \text{ }^\circ\text{C}$ võrra.

- b) Arvuta naatriumhüdroksiidi lahustumisentalpia ($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$). (2)

- c) Ennusta, kas antud ainete lahustumisentalpia vees on väiksem või suurem kui $0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$. (2)

HNO_3	KOH	O_2	AgCl

Juku kasutas järgmises katses vee asemel 100,0 g $0,500 \text{ M}$ HCl lahust ($c \approx 4,186 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$). Selles katses tõusis pärast 2,000 g naatriumhüdroksiidi lisamist lahuse temperatuur $10,70 \text{ }^\circ\text{C}$ võrra.

- d) Arvuta neutraliseerimisreaktsiooni entalpiamuut ($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$). (2)

- e) Ennusta, kas antud ainete neutraliseerimisreaktsiooni entalpiamuut on väiksem, võrdne või suurem NaOH ja HCl neutraliseerimisreaktsiooni entalpiamuudust. (2)

$\text{HNO}_3 + \text{KOH}$	$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{KOH}$	$\text{HCl} + \text{NH}_4\text{OH}$	$\text{TlOH} + \text{HI}$

Ülesanne 5. Värvimuutused (9 p)

Metalli **X** kõige stabiilsemad ja tuntumad oksiidid on **Y** (massiprotsent $w_X = 68,4\%$) ja **Z** ($w_X = 52,0\%$). Oksiid **Y** on roheline kristalliline aine, mis esineb looduslikult roheka mineraalina. See tekib metalli **X** reageerimisel hapnikuga. Oksiid **Y** ei reageeri veega, kuid reageerib soolhappega, moodustades soola **A** (**reaktsioon 1**) ja kontsentreeritud naatriumhüdroksiidi lahusega, moodustades koordinatsiooniühendi **B** (**reaktsioon 2**). Oksidi **Y** oksüdeerimisel KClO_3 -ga K_2CO_3 juuresolekul tekib helekollane ühend **C**, värvitu gaas ja valge sool (**reaktsioon 3**). Kui ühendit **C** töödelda lahjendatud väävelhappega, saadakse eredalt oranžikas ühend **D** (**reaktsioon 4**). **D** reageerimisel kontsentreeritud väävelhappega kristalliseerub oksiid **Z** (**reaktsioon 5**).

- a) Tuvasta arvutuste abil metall **X**. (2)

X =

- b) Kirjuta ühendite **A–D** valemid. (2)

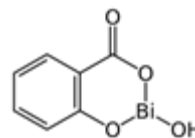
A	B
C	D

- c) Kirjuta ja tasakaalusta reaktsioonide **1–5** võrrandid. (5)

1	
2	
3	
4	
5	

Ülesanne 6. Pepto-bismol (10 p)

Pepto-bismol on üks populaarsemaid ravimeid antatsiidide grupis. Antatsiidid vähendavad maos suurenenud happesusest tingitud põletustunnet ja valu. Pepto-bismol tabletid sisaldavad muu hulgas **vismutsubsalitsülaati** (vt joonis), mannitooli, **kaltsiumkarbonaati**, lahustuvat tärklist ja glükoosi. Kogu Pepto-bismoli pakendi sisu (24 tabletti kaaluga 39,600 g) lahustati 155,550 g kontsentreeritud HCl happes. Eraldus gaas **A** (**reaktsioon 1**) ja sadenes hape **B** (**reaktsioon 2**). Saadud sademe ja lahuse mass oli 193,040 g. Elementanalüüs näitas, et **B** sisaldas massi järgi 60,87% süsinikku, 4,38% vesinikku ja 34,75% hapnikku. Ülejäänud lahusele lisati alumiiniumfoolium, mille pinnale tekkis tume sade **C** (**reaktsioon 3**). Nii saadi 7,272 g metallilist pulbrit **C**.



- a) Arvuta CaCO_3 mass (mg) ühes Pepto-bismoli tabletis. (2)

--

- b) Arvuta aine **B** keemiline koostis ja kirjuta ainete **A–C** valemid. (2)

A	B	C
Arvutus:		

- c) Kirjuta ja tasakaalusta reaktsioonide **1–3** võrrandid. (3)

1
2
3

- d) Arvuta ühes Pepto-bismoli tabletis sisalduva **vismutsubsalitsülaadi** mass (mg). (2)

--

- e) Arvuta aine **B** mass (g). (1)

--

Ülesanne 7. Homöopaatia (10 p)

Homöopaatilised preparaadid võivad sisaldada mineraale, taimset või loomset materjali. Lisaks võivad homöopaatilised preparaadid sisaldada toksilisi aineid, mis ei ole inimestele ohtlikud, sest neid on mitmekordselt lahjendatud. Näiteks leidub mõnedes ninatilkades binaarset ühendit AB_2 ja suuvees ainet C_4D_6 ($M_{\text{C}} : M_{\text{D}} = 3,8 : 1$).

A on hõbevalge metall, mille sulamistemperatuur on $-39\text{ }^\circ\text{C}$. Element **B** moodustab tahke violetse aine B_2 , mille auru kasutatakse õhukese kihi kromatograafias ja sõrmejälgede nähtavaks tegemisel. **C** on hallikas poolmetall ja **D** on kollane mittemetall.

a) Kirjuta elementide **A–D** sümbolid. (2)

A	B	C	D
----------	----------	----------	----------

Mõnedes homöopaatilistes ravimites on märgitud, et selle valmistamisel kasutati ühendi AB_2 vesilahust kontsentratsiooniga 15X.

b) Hinda AB_2 mass (g), mida tuleb lisada Peipsi järve ($V = 25\text{ km}^3$), et saada homöopaatiline kontsentratsioon 15X, st üks AB_2 molekul 10^{15} vee molekuli kohta. (2)

c) Hinda AB_2 15X lahuse ruumala (dm^3), mis sisaldab sama palju elementi **A** kui joogiklaas (200 cm^3) vett maksimaalse lubatud **A**-ioonide kontsentratsiooniga $1,0\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$. (3)

Üks homöopaatia aluspõhimõtteid on see, et preparaadis kasutatavate ainete järjestikune lahjendamine suurendab selle tugevust. Seetõttu võib kemikaali tegelik kontsentratsioon homöopaatilises preparaadis olla kuni 200X, st üks molekul 10^{200} lahusti molekulide kohta.

d) Arvuta C_4D_6 molekulide arv, mille inimene tarbib ühe aasta jooksul, kui ta igapäevaselt joob 10 cm^3 24X C_4D_6 alkoholilahust ($\rho = 935\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, $m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) : m(\text{H}_2\text{O}) = 374\text{ g} : 1,000\text{ kg}$). (3)

Ülesanne 8. Tõene või väär? (10 p)

Vasta küsimustele ja põhjenda oma valikut esitatud andmetele tuginevate arvutustega (**ühikutes Gt CO₂ päevas**). Inimkond toodab aastas umbes 50 Gt CO₂. 40 Mt CO₂ tekib päeva jooksul tööstuses, 168 Mt CO₂ nädala jooksul hoonete energiatarbimises ja 840 Mt CO₂ kuu jooksul toiduainetetööstuses. Lennundus tekitab 107 kt CO₂ tunnis, laevandus 2,2 Mt CO₂ päevas, kaubavedu maismaal 46 Mt CO₂ nädalas ja reisitransport 300 Mt CO₂ kuus. Lehma on 1 miljard ja iga lehm tekitab kuni 350 g metaani päevas, mis põhjustab sama palju kliimasoojenemist kui 30 kg CO₂. Maailmas on 1 miljard sõiduauto, millest igaüks tekitab keskmiselt 3000 kg CO₂ aastas. Aastas paiskavad kümme vulkaani (sealhulgas Etna) atmosfääri 18,5 Tg CO₂, veel 20 vulkaani 20,0 miljardit kg CO₂ ja ülejäänud vulkaanid umbes 14,8 Mt CO₂. Ilma Antarktikata on maismaa pindala 135 miljonit km². Sellest umbes 27% on metsad ja 3% sood. Eeldame, et 1 m² nii metsas kui ka soos neelab aastas keskmiselt umbes 0,5 kg CO₂.

- a)** Kas vastab tõele, et lehmade tekitatud metaan põhjustab rohkem kliimasoojenemist kui sõiduautodest õhku paisatud CO₂? Põhjenda arvutustega. (2)

☐ tõene☐ väär

- b)** Kas vastab tõele, et peamine inimtekkeline CO₂-heitme allikas on lennundus? Põhjenda arvutustega. (2)

☐ tõene☐ väär

- c) Kas vastab tõele, et Etna vulkaanipurske poolt atmosfääri paisatud CO₂ kogus (8000 t) oli suurem kui samal päeval kaubaveo ja reisiranspordi poolt õhku paisatud CO₂ kogus? Põhjenda arvutustega. (2)

☐ tõene

☐ väär

- d) Kas vastab tõele, et kõikide vulkaanide poolt aasta jooksul atmosfääri paisatud CO₂ kogus on suurem kui kogu transpordis eralduva CO₂ kogus, mis paisatakse atmosfääri aasta jooksul? Põhjenda arvutustega. (2)

☐ tõene

☐ väär

- e) Kas vastab tõele, et ainult soode ja metsade (taas)loomisega on võimalik saavutada süsinikuneutraalsus? Põhjenda arvutustega. (2)

☐ tõene

☐ väär

Ülesanne 9. Tasakaal (12 p)

Pärast $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ täielikku lagunemist $780\text{ }^\circ\text{C}$ juures suletud anum as (V = 2,00 dm³) tekkis H_2O , CO_2 ja CO vaheline tasakaal ning rõhk tõusis 0-lt 400 kPa-ni. $R = 8,314\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

a) Lõpeta reaktsioonivõrrandid: **i)** $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \dots$ (0,5)

ii) $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \dots$ (0,5)

b) Arvuta lagunenud $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ mass (g). (2)

c) Arvuta reaktsiooni **i)** entalpiamuut $\Delta_r H^\circ$ (kJ·mol⁻¹) ja entroopiamuut $\Delta_r S^\circ$ (J·mol⁻¹·K⁻¹) temperatuuril 298 K (25 °C). (2)

	CO(g)	H ₂ O(g)	CO ₂ (g)	H ₂ (g)
$\Delta_f H^\circ$ [kJ·mol ⁻¹]	-110,5	-241,8	-393,5	0
S_m° [J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹]	197,7	188,8	213,8	130,7

$\Delta_r H^\circ =$

$\Delta_r S^\circ =$

d) Arvuta reaktsiooni **i)** vabaenergia $\Delta_r G$ (kJ·mol⁻¹) temperatuuril 780 °C. (1)

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

e) Arvuta reaktsiooni **i)** tasakaalukonstant (K) 780 °C juures, eeldades, et reaktsioonientroopia ja -entalpia ei sõltu temperatuurist. $K = 10^a$, $a = -0,434 \cdot \Delta G / (RT)$. (1)

K =

f) Arvuta CO, H₂O, CO₂ ja H₂ osarõhud (kPa). Ignoreeri CaO ruumala. Kui Sa ei suutnud arvutada punktis **d)** tasakaalukonstanti, kasuta väärtust $K = 0,6$. (5)

$p_{\text{CO}} =$

$p_{\text{H}_2\text{O}} =$

$p_{\text{CO}_2} =$

$p_{\text{H}_2} =$

Arvutus: