

Analüütilise keemia ülesanded

Ülesanne 1. IChO 2003 – Ateena, Kreeka – Teooriavor, Küsimus 2

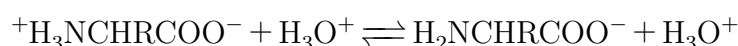
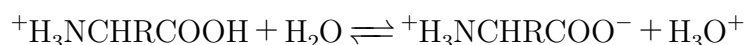
Millist võrrandit tuleb kasutada H^+ täpseks arvutamiseks HCl lahuse suvalise c_{HCl} kontsentratsiooni korral ($K_w = 1 \cdot 10^{-14}$)?

Ülesanne 2. IChO 1993 – Perugia, Itaalia – Ettevalmistusülesanne 36

Valmistakse oksalaadi vesilahus pH-ga 4.25. $H_2C_2O_4$ dissotsiatsioonikonstandid on vastavalt: $K_1 = 5.36 \cdot 10^{-2}$ ja $K_2 = 5.42 \cdot 10^{-5}$. Leidke $\alpha(H_2C_2O_4)$, $\alpha(HC_2O_4^-)$, $\alpha(C_2O_4^{2-})$ väärtused.

Ülesanne 3. IChO 1993 – Perugia, Itaalia – Ettevalmistusülesanne 52

Arvutage pH ja kõikide osakeste kontsentratsioonid 0.200 M L-alaniini lahuses. pK_1 ja pK_2 alaniini jaoks on vastavalt 2.348 ja 9.866. Need väärtused viitavad järgnevatele reaktsioonidele:



Ülesanne 4. IChO 1994 – Oslo, Norra – Ettevalmistusülesanne 5

Fosfor moodustab kaks kloriidi, PCl_3 ja PCl_5 , vahetul reaktsioonil elementide vahel.

1. Kirjeldage P_4 , PCl_3 , PCl_5 molekulide geomeetriat.
2. Arvutage, milline on saadud lahuse pH, kui 0.1 mooli PCl_3 lahustakse 1 cm^3 vees.
3. Arvutage, milline on saadud lahuse pH, kui 0.1 mooli PCl_3 lahustakse 450 cm^3 1 M NaOH lahuses. $K_{a1}(H_3PO_3) = 1.6 \cdot 10^{-2}$, $K_{a2}(H_3PO_3) = 7 \cdot 10^{-7}$.

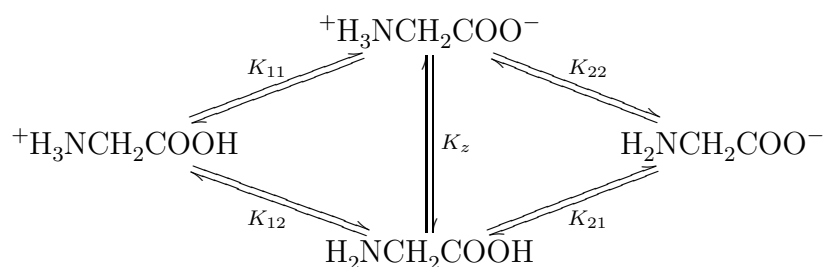
Ülesanne 5. IChO 1994 – Oslo, Norra – Ettevalmistusülesanne 4

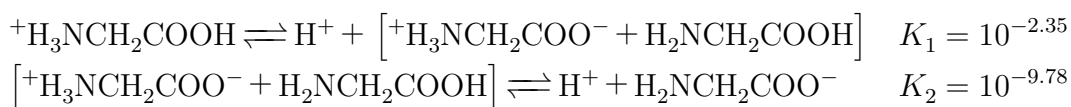
Atsetüülseletsüülhape ehk aspiriin ($C_9H_8O_4$) on nõrk ühealuseline hape, $pK_a = 3.49$. Tema lahustuvus vees toatemperatuuril on 3.55 g/dm^3 . Happe naatriumsool on vees hästilahustuv.

1. Arvutage aspiriini küllastanud lahuse pH.
2. Leidke minimaalne vajalik kogus NaOH (grammides), mis on võimalik 0.100 mooli aspiriini lahustamiseks vees (lahuse lõppruumala on 1.00 dm^3). Leidke selle lahuse pH.

Ülesanne 6. IChO 1995 – Peking, Hiina – Ettevalmistusülesanne 10

Glütsiini prootoniülekanne tasakaal vesilahuses on järgmine:





Oletada, et glütsiini K_{12} ja glütsiini metüülestri K on mõlemad $10^{-7.70}$.

1. Leidke K_{11} , K_{21} , K_{22} ja K_z .
2. Leidke glütsiini isoelektriline punkt.

Ülesanne 7. IChO 2001 – Mumbai, India – Ettevalmistusülesanne 12

Organiline nitroühend (RNO_2) redutseeritakse elektrolüütiliselt atsetaadi puhverlahuses, mille summaarne atsetaadikontsentratsioon ($\text{HOAc} + \text{OAc}^-$) on 0.500 ja $\text{pH} = 5.00$. 300 mL puhverlahust, mis sisaldas 0.01 M RNO_2 redutseeriti räielikult. Etaanhappe dissotsiatsioonikonstant on $1.75 \cdot 10^{-5}$ 25°C juures. Reaktsioon: $\text{RNO}_2 + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{RNHOH} + \text{H}_2\text{O}$.

Arvutage lahuse pH pärast RNO_2 redutseerimist.

Ülesanne 8. IChO 1993 – Perugia, Itaalia – Ettevalmistusülesanne 31.1

Valmistakse vesilahus, mis sisaldab 0.12 M propaanhapet ja 0.15 M etaanhapet. Arvutage lahuse pH ja kõikide ainete/ionide kontsentratsioonid lahuses. $K_a(\text{propaanhape}) = 1.34 \cdot 10^{-5}$ ja $K_a(\text{etaanhape}) = 1.76 \cdot 10^{-5}$.

Ülesanne 9. IChO 1994 – Oslo, Norra – Ettevalmistusülesanne 3

Vesilahuses käitub 1,2-diaminoetaan aluseliselts $K_{b1} = 7.9 \cdot 10^{-5}$, $K_{b2} = 7.9 \cdot 10^{-8}$. Järgnevas tekstis on happpe eri vormid nimetatud vastavalt EN, HEN^+ ja H_2EN^{2+} .

1. Arvutage 0.0200 M EN, HEN^+ ja H_2EN^{2+} lahuste pH-d.
2. $(\text{H}_2\text{EN})\text{Cl}_2$ lisati tundumatule kogusele EN lahusele ca. 20 mL vees. Saadud lahuse pH oli 10.20. Lahust tiitriti 0.100 HCl-ga ja tiitrimise lõpp-punkt määrati, kasutades indikaatorina kresoolpurpuri ($\text{p}K_a = 8.2$). Tiitrimiseks kulus 15.0 mL HCl lahust. Arvutage EN hulk vesilahuses.

Ülesanne 10. IChO 2000 – Kopenhagen, Taani – Ettevalmistusülesanne 5

1.00 g NH_4Cl ja 1.00 g $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ lisatakse 80 mL veele ja lahustatakse. Moodustunud lahus lahjendatakse veega 100 mL-ni 25°C juures.

1. Arvutage lahuse pH ($\text{p}K_a(\text{NH}_4^+) = 9.24$)
2. Arvutage kõikide osakeste, ionide kontsentratsioonid lahuses.
3. Arvutage pH pärast 10.0 mL 1.00 M HCl lisamist antud lahusele.
4. Arvutage $[\text{NH}_3]$ uues lahuses.

Ülesanne 11. IChO 2000 – Kopenhagen, Taani – Ettevalmistusülesanne 6

Õpilane valmistab magneesiumhüdroksiidi küllastunud lahuse puhtas vees 25°C juures. Mõõtmise näitab, et lahuse pH on 10.5.

1. Kasutage seda tulemust arvutamaks magneesiumhüdroksiidi lahustuvust vees. Lahustuvus arvutage ühikutes mol/L ja ka g/100 mL.
2. Arvutage magneesiumhüdroksiidi lahustuvuskorrutis.
3. Arvutage magneesiumhüdroksiidi lahustuvus 0.010 M NaOH lahuses 25°C juures. 10 g Mg(OH)₂ ja 100 mL 0.100 M HCl segatakse magnetsegajaga 25°C juures.
4. Arvutage vedeliku pH, kui süsteem on saavutanud tasakaalu.

Ülesanne 12. IChO – 1994 Oslo, Norra – Ettevalmistusülesanne 6

Tuntumaid fosfori oksiidid on P₄O₆ ja P₄O₁₀. Need oksiidid on fosfori tuntuimate oksohappete anhüdriidid. P₄O₁₀ lisamisel suuremale kogusele veele moodustub kolmealuseline ortofosforhape, mille dissotsioonikonstandid on: $K_{a1}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 7.1 \cdot 10^{-3}$, $K_{a2}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 6.2 \cdot 10^{-8}$, $K_{a3}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 4.5 \cdot 10^{-13}$.

1. Arvutage 0.015 M Na₃PO₄ vesilahuse pH.
Meil on 4 katseklaasi (A–D), igaühes on 1.00 dm³ 0.020 M HCl. Katseklaasidesse lisatakse tahket Na₃PO₄. Lahuse ruumala jääb konstanseks.
2. Katseklaasi A lisatakse 0.015 mooli Na₃PO₄. Leidke lahuse pH.
3. Katseklaasi B lisatakse 0.020 mooli Na₃PO₄. Leidke lahuse pH.
4. Katseklaasi C lisatakse 0.050 mooli Na₃PO₄. Leidke lahuse pH.
5. Peale Na₃PO₄ lisamist katseklaasi D oli seal lahuse pH 6.65. Kui palju Na₃PO₄ lisati katseklaasi D?
Teatmikus on toodud hõbefosfaadi lahustuvuskorrutis $K_{sp}(\text{Ag}_3\text{PO}_4) = 1.0 \cdot 10^{-16}$.
6. Näidake, et fosfaatiooni protolüüsi ei või jätta arvestamata, kui arvutakse hõbefosfaadi lahustuvust vees.
7. Arvutage hõbefosfaadi lahustuvus vees eeldades, et teisi mittelahustuvaid sooli ei moodustu.

Ülesanne 13. IChO 1998 – Melbourne, Austraalia – Ettevalmistusülesanne 15

Veeproovi happelisust mõjutab gaaside absorptsioon. Sellest aspektist kõige tähtsam gaas on süsinikdioksiid.

1. Andke kolm reaktsioonivõrrandid, mis nitavad atmosfääri CO₂ mõju vee happelisusele.
2. Järjestage järgmised gaasisegud nende suureneva võime lahustada CO₂(g). (% – mooliprotsendid)
 - (a) 90% Ar, 10% CO₂
 - (b) 80% Ar, 10% CO₂, 10% N₂
 - (c) 80% Ar, 10% CO₂, 10% Cl₂

Kirjutage gaaside mõjul vesilahuses toimuvate reaktsioonide võrrandid.

3. Järjestage järgnevad vesilahused nende võime järgi CO₂ lahustada, alustades suurimast.
 - (a) distilleeritud vesi
 - (b) 1 M HCl lahus
 - (c) 1 M naatriumatsetaadi lahus
4. Oletades, et atmosfääri CO₂ sisaldus on 350 ppm (ruumala järgi) ning et CO₂(g) ja CO₂(aq) on tasakaalus, arvutage vihmapiisa pH atmosfäärirõhul. Vajalikud konstandid 25°C juures: $K_{\text{H}}(\text{CO}_2) = 3.39 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L} \cdot \text{atm}$, $K_{\text{b1}}(\text{HCO}_3^-) = 2.24 \cdot 10^{-8}$, $K_{\text{b2}}(\text{CO}_3^{2-}) = 2.14 \cdot 10^{-4}$.
5. Arvutage gaseeritud vee pH pudelis ($p(\text{CO}_2(\text{g})) = 1 \text{ atm}$).
6. 100 mL vihmavee proovi tiitritakse $1.00 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$ NaOH tingimustes, mis takistavad edasist gaasivahetust. Stikseerige selle tiitrimise pH kõver. Teie graafik peab kajastama oodatavat pH tiitrimise alguses ja pärast 7.1 mL, 21.2 mL lisamist.

Ülesanne 14. IChO 2002 – Ateena, Kreeka – Ettevalmistusülesanne 22

Puhverlahused on lahused, mis on vastupidavad pH muutustele. tavaliselt sisaldavad puhverlahused nõrka hapet ja selle konjugeeritud alust (näiteks CH₃COOH/CH₃COO⁻) või nõrka alust ja selle konjugeeritud hapet (näiteks NH₃/NH₄⁺). Puhverlahus moodustub nõrka happe osalise neutraliseerimisel tugeva alusega või nõrga aluse neutraliseerimisel tugeva happega. Alternatiivsel võib puhverlahuseid valmistada vastavate koostisainete kindlate kontsentratsioonide kokkusegamisel.

Puhverlahuse, mis kosneb nõrgast hapest HA ja selle konjugeeritud alusest A⁻, pH arvutakse Henderson–Hasselbalchi võrrandi alusel: $\text{pH} = \text{p}K_{\text{a}} + \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$, kus K_{a} on nõrga happe HA disotsiatsioonikonstant ja [HA] ja [A⁻] on vastavalt HA ja A⁻ kontsentratsioonid puhverlahuses.

1. Arvutage puhverlahuse pH, mis sisaldab 0.200 mooli metaanhapet ($K_{\text{a}} = 2.1 \cdot 10^{-4}$) ja 0.150 mooli naatriummetaanaati.
2. Arvutage punktis 1 toodud puhverlahuse pH muutus, kui ära 0.0100 mooli NaOH lisamist.
3. Arvutage vajaliku 0.200 M NaOH ruumala, mille peab lisama 100.0 cm³ 0.150 M etaanhappele (CH₃COOH, $K_{\text{a}} = 1.8 \cdot 10^{-5}$), et valmistada puhverlahust, mille pH = 5.00.
4. Puhverlahuse, mis sisaldab 0.0100 M bensoehapet (C₆H₅COOH, $K_{\text{a}} = 6.6 \cdot 10^{-5}$) ja 0.0100 M naatriumbensoaati, pH on **a)** 5.00; **b)** 4.18; **c)** 9.82; **d)** 9.00.
Järmistes probleemides on segatud võrdsete ruumaladega lahused A ja B.
5. A: 0.100 M CH₃OOH, B: 0.0500 M NaOH
 - (a) Lõpplahus **a)** sisaldab nõrka hapet; **b)** sisaldab tugevat alust; **c)** on puhverlahus; **d)** mitteüksi ellnevatest variantidest.
 - (b) Lõpplahuse pH on **a)** 3.02; **b)** 4.74; **c)** 3.17; **d)** 7.00.
6. A: 0.100 M CH₃OOH, B: 0.150 M NaOH

(a) Lõpplahus **a)** sisaldab nõrka hapet; **b)** sisaldab tugevat alust; **c)** on puhverlahus; **d)** mitteükski ellnevatest variantidest.

(b) Lõpplahuse pH on **a)** 12.00; **b)** 12.70; **c)** 13.18; **d)** 12.40.

7. A: 0.150 M CH₃OOH, B: 0.100 M NaOH

(a) Lõpplahus **a)** sisaldab nõrka hapet; **b)** sisaldab tugevat alust; **c)** on puhverlahus; **d)** mitteükski ellnevatest variantidest.

(b) Lõpplahuse pH on **a)** 3.17; **b)** 7.00; **c)** 5.05; **d)** 13.00.

8. A: 0.100 M CH₃OOH, B: 0.100 M NaOH

(a) Lõpplahus **a)** sisaldab nõrka hapet; **b)** sisaldab tugevat alust; **c)** on puhverlahus; **d)** mitteükski ellnevatest variantidest.

(b) Lõpplahuse pH on **a)** 7.00; **b)** 13.00; **c)** 8.72; **d)** 3.02.

Ülesanne 15. IChO 2000 – Kopenhagen, Taani – Ettevalmistusülesanne 9

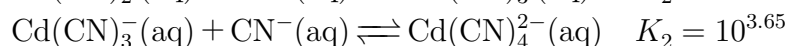
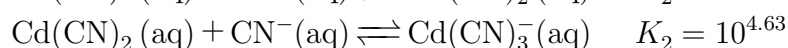
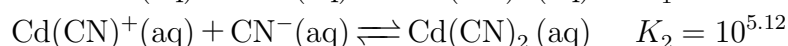
Kaadmium on üks toksilistematest metallidest ning seda leidub kõrgetes kontsentratsioonides tsingisulatamise, galvaanilise katmise jääkides ja heitvees. Kaadmiumiosakeste sissehingamine mõjutab hingamisteid ja hiljem ja kopse. Kaadmium näib võistlevat tsingiga ensüümide aktiivsete kohtade täitmises.

Kadmium moodustab kergel määral mittelahustuva hüdroksiidi Cd(OH)₂.

1. Arvutage Cd(OH)₂ lahustuvus puhtas vees (autoprotolüüsi tasakaalu mitte arvestada).

2. Arvutage Cd(OH)₂ lahustuvus 0.010 M NaOH lahuses.

Cd²⁺ seob kergesti CN⁻ ioone.



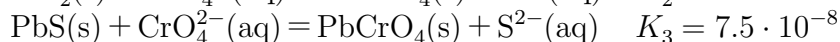
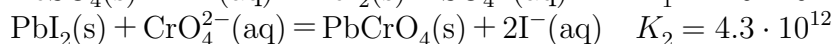
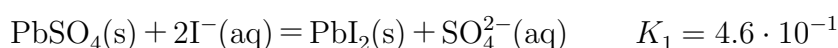
3. Arvutage Cd(OH)₂ lahustuvus vees, mis sisaldab CN⁻ ioone. CN⁻ tasakaaluline kontsentratsioon on 1.00 · 10⁻³ M.

4. Oletage, et moodustub ainult kompleksioon Cd(CN)₄²⁻ ja arvutage, mitu protsenti see lahustuvus erineb punktis 3. leitud lahustuvusest.

Cd(OH)₂(s) lahustuvuskorrutis on $K_{\text{sp}} = 5.9 \cdot 10^{-15}$.

Ülesanne 16. IChO 1993 – Perugia, Itaalia – Ettevalmistusülesanne 31.3

Kindlal temperatuuril on PbSO₄ lahustuvuskorrutis 1.1 · 10⁻⁸ ja kolme järgneva reaktsiooni tasakaalukonstandid on:



Arvutage PbS lahustuvuskorrutis.

Ülesanne 17. IChO 1993 – Perugia, Itaalia – Ettevalmistusülesanne 48

Üks paljudest pigmentidest, mida kasutati vanasti maalimisel, on pliivalge, Pb(II) karbonaat. See ühend oli ja on siiani enamuse pigmentide aluseks (tänapäeval on see asendatud titaanoksiidiga). Pliivalge reageerid divesiniksulfiidiga, muutudes mustaks ja põhjustab seetõttu maalide tumenemise. Tumenenud maalide värve saab aga osaliselt taastada, kui töödelda neid vesinikperoksiidiga.

1. Kirjutage pliivalge valem ning kirjutage maalide tumenemist põhjustava reaktsiooni ja värvide osalise taastamise reaktsiooni võrrand.
2. Pliivalge koosneb pliihüdrosiidi kihtidest, mille vahel on Pb^{2+} ja CO_3^{2-} ioonid. Püsiva termiline õhus kuumutamise tulemusena 770 K juures eraldub 4.27 g pliivalgest 0.739 g CO_2 , 0.151 g H_2O ja 5.76 g punast produkti. Kirjutage pliivalge õhuga reageerimise võrrand 770 K juures.
3. Arvutage pliiarbonaadi lahustuvus vees. $K_{\text{sp}}(\text{PbCO}_3) = 1.6 \cdot 10^{-13}$, süsinikdioksiidi $\text{p}K_1$ ja $\text{p}K_2$ on vastavalt 6.336 ja 10.251. Arvutage PbCO_3 lahustuvuse suurenemine, kui arvestakse hüdrolyüsi.

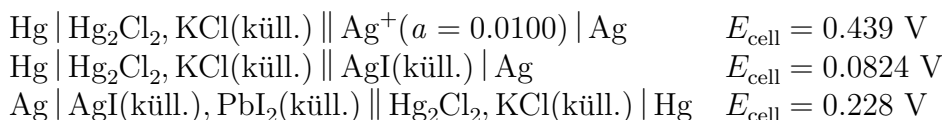
Ülesanne 18. IChO 1994 – Oslo, Norra – Ettevalmistusülesanne 2

On antud BaSO_4 ja Ag_2SO_4 lahustuvuskorrutised: $K_{\text{sp}}(\text{BaSO}_4) = 1.1 \cdot 10^{-10}$, $K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = 2.0 \cdot 10^{-5}$, H_2SO_4 jaoks on teise astme dissotsioonikontant: $K(\text{HSO}_4^-) = 1.0 \cdot 10^{-2}$. Lahuse, mis sisaldab Ba^{2+} ja Ag^+ ioone, kumbagi 0.01 M, lidati tilkhaaval Na_2SO_4 lahust.

1. Kumb kahest ionist sadeneb esimesena? Arvutage, millise SO_4^{2-} kontsentratsiooni juures algab sadenemine.
2. Milline on Na^+ ja SO_4^{2-} kontsentratsioon, kui algab teise sadenemine?
3. Milline on Na^+ ja SO_4^{2-} kontsentratsioon, kui algab teise soola sadenemine? Kas selline meetod sobib Ag^+ ja Ba^{2+} eraldamiseks?
4. Arvutage $\text{BaSO}_4(\text{s})$ lahustuvus 0.020 M HCl lahuses.

Ülesanne 19. IChO 1995 – Peking, Hiina – Ettevalmistusülesanne 31

Kolm elementi ja nende potentsiaalid on:



Arvutage AgI ja PbI_2 lahustuvuskorrutised (298 K).

Ülesanne 20. IChO 1996 – Moskva, Venemaa – Ettevalmistusülesanne 23

Kas on võimalik lahustada 100 mg hõbedat 100 mL 0.1 M ammoniagi lahuses õhu juurdepääsel? $K_b(\text{NH}_3) = 1.74 \cdot 10^{-5}$; kompleksi stabiilsuskonstant $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$: $\log \beta_1 = 3.32$, $\log \beta_2 = 7.23$; standardsed potentsiaalid: $E(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = +0.799 \text{ V}$, $E(\text{O}_2/\text{OH}^-) = +0.401 \text{ V}$; hapniku sisaldus õhus 20.95 mooliprotsendi.

Ülesanne 21. IChO 1997 – Montreal, Kanada – Ettevalmistusülesanne 41

Kindel kogus pliiikromaati lekkis veemahutisse ja tahetakse teada, kui suures ulatuses on jogivesi reostatud. Pliikromaadi lahustuvuskorrutis on 18°C juures $1.77 \cdot 10^{-14}$.

1. Milline on pliiikromaadi lahustuvus puhtas vees?
2. Arvati, et pliid on veest võimalid eemaldada, kui vett töödelda kaaliumkromaadiga. Milline on pliiikromaadi lahustuvus 0.1 mol/L kaaliumkromaadiga lahuses.
3. Samuti arvati, et kromaatioonid on võimalik joogiveest eemaldada, kui töödelda vett pliiinitraadiga. Milline on pliiikromaadi lahustuvus $3.0 \cdot 10^{-7}$ mol/L pliiinitraadi lahuses?