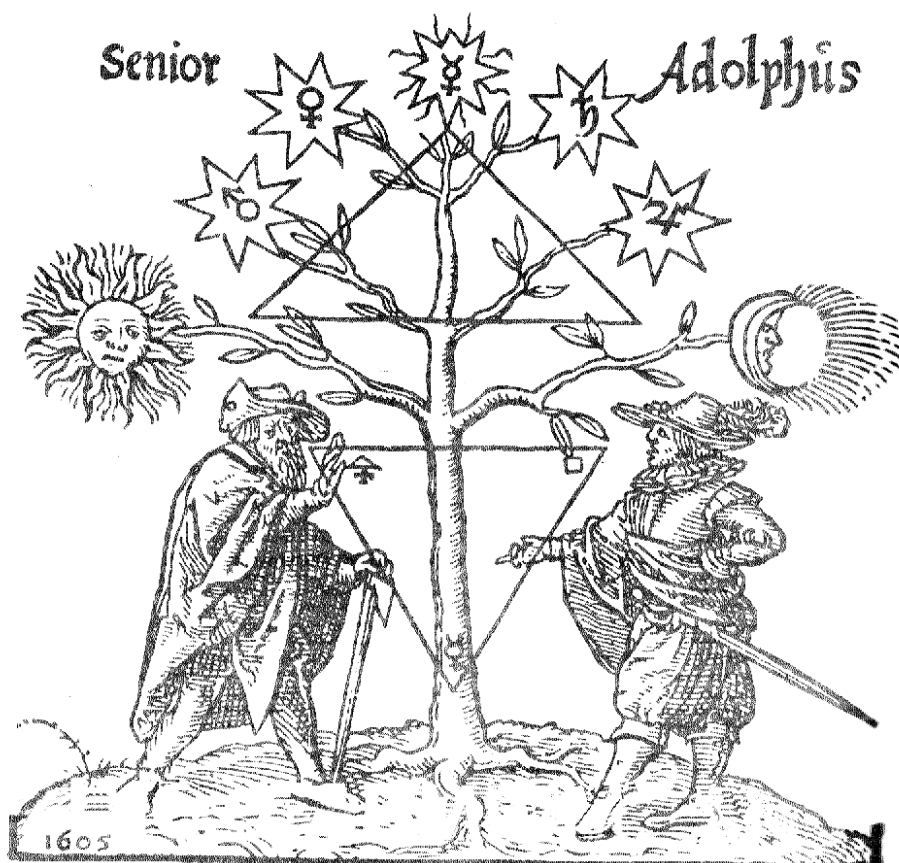

42. VALSTS ĶĪMIJAS OLIMPIĀDES TRENIŅUZDEVUMI

AR ATRISINĀJUMIEM

9. LĪDZ 12. KLASEI



RĪGA
2001

Ievadam

Par Latvijas ķīmijas olimpiāžu simbolu kļuvušais *universālās matērijas koks* (skat. 1.vāku) attēlo principus, kādus tos saskatīja XVII gs. sākumā. Attēlā redzamais pētnieks (to pārstāv turīgs vīrs ar zobenu un labu apģērbu) simbolizē gudrību, kas tolaik bija pieejama tikai turīgiem cilvēkiem. Pa kreisi no pētnieka – strādnieks. Šajos vīros apvienojas gudrība un spēks. Matērijas koka lapās simboliski attēloti septiņi pamatelementi: (*no kreisās*) zelts, dzelzs, varš, dzīvsudrabs, svins, alva un sudrabs. Katrs no šiem elementiem tolaik tika saistīts ar kādu no septiņām zināmajām planētām. Augšup un lejup vērsta trijstūris simbolizē lielās stihijas – uguni (Δ) un ūdeni (∇).

Daudzu uzdevumu (10–1, 10–2, 10–10, 11–4, 11–9, 12–5, 12–8) atrisinājumi balstās uz deduktīvās risināšanas metodi, kurā loģisku spriedumu rezultātā risinājuma gaita tiek vienkāršota, vai dalīta atsevišķos posmos. Šādā veidā komplicētus uzdevumus var korekti sadalīt atsevišķos – vienkāršākos – uzdevumos, tādējādi izvairoties izmantot intuitīvās risināšanas metodi. Būtiski ir tas, ka atrisinājuma gaitā tiek domāts, kā pamatot iegūtās atbildes *unitāti*. Piemērs tam ir 10–5 uzdevums, kurā viens vienīgs spriedums ļauj veselu skaitļu un iespējamo variantu lērumu pārvērst vienā vienīgā risinājumā.

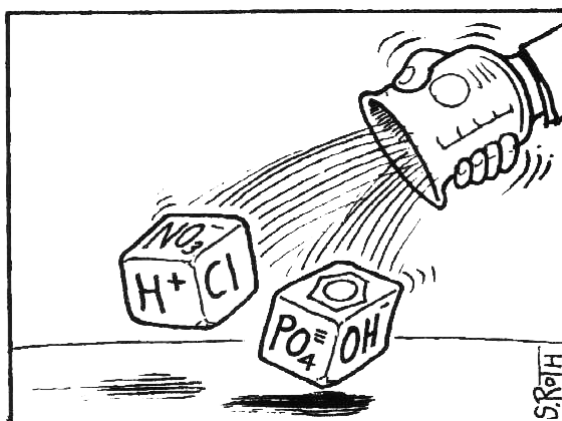
Atsevišķos gadījumos (9–5, 11–6, 11–7, 12–4, 12–8, 12–10) uzdevumu risināšanā nepieciešams iesaistīt arī papildus literatūru, tādējādi sekmējot radošu pieeju problēmu risināšanā. Uzdevumi 12–4 un 12–10 ir domāti radošiem audzēkņiem, jo to risināšanas veids ir būtiski atkarīgs no risinātāja potenciāla. 12–10 uzdevuma risināšanā ieteicams izmantot *Microsoft Excel* iespējas. Īpašu vērību vēlams pievērst uzdevumiem, kuros atrisinājumu iegūst, izmantojot nevienādības (10–1, 10–10, 11–1). Uzdevumus 11–7, 12–8 un 12–9 skolotāji var izmantot arī praktisko darbu organizēšanā, sagatavojot audzēkņus Valsts olimpiādei.

Šajā krājumā izmantoti vairāki ārvalstu ķīmijas olimpiāžu uzdevumi. Tas domāts, galvenokārt, lai skolotāji un jaunie censoņi gūtu kaut nelielu priekšstatu par to, kādi uzdevumi tiek piedāvāti citās zemēs. Jāsaka, ka interesenti šādu priekšstatu var gūt, izmantojot *internet*.

Attiecīgo klašu grupās ar simbolu "*" atzīmēti paaugstinātas grūtības pakāpes uzdevumi – tie ir uzdevumi, kas domāti entuziastiem.

Novēlu izjust ķīmijas šarmu, risinot uzdevumus...

JURIS MEJA



UZDEVUMI 9. KLASEI

- 1 Uz dabīgā minerālūdens etiķetes parasti uzdots tā sastāvs.

K ⁺	105 mg L ⁻¹	Mg ²⁺	40 mg L ⁻¹
Na ⁺	50 mg L ⁻¹	Cl ⁻	160 mg L ⁻¹
Ca ²⁺	50 mg L ⁻¹	HCO ₃ ⁻	350 mg L ⁻¹

Zinot, ka saldūdens avotos galvenokārt atrodas K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, HCO₃⁻ un SO₄²⁻, aprēķiniet, sulfātjonu saturu šajā minerālūdenī.

- 2 Četrās numurētās mēģenēs atrodas sālsskābes, nātrija karbonāta, sudraba nitrāta un kālija bromīda šķīdumi.

Kā, par reaģentiem izmantojot tikai šos šķīdumus, identificēt mēģeņu saturu?

- 3 Kā var pierādīt to, ka gaisā atrodas ūdens tvaiks?

- 4 Par ūdens cietību sauc Ca²⁺ un Mg²⁺ jonu summāro koncentrāciju ūdenī. Saskaņā ar starptautiskajām rekomendācijām, to izsaka milimolos Ca²⁺ un Mg²⁺ litrā, tomēr dažās valstīs ir saglabājusies vēsturiska pieeja šim jautājumam. Lielbritānijā ūdens cietību izsaka granos CaCO₃ vienā imperiālajā galonā ūdens (angļu cietības grāds). Izsakiet 1 angļu cietības grādu milimolos Ca²⁺ litrā, zinot, ka 1 grans ir 64,80 mg un 1 imperiālais galons ir 4,546 L.

- 5 Zemūdenēs gaisa reģenerēšanai izmanto kālija superoksīdu, KO₂, kas ogļskābo gāzi pārvērš par skābekli saskaņā ar šādu reakcijas shēmu:



Aprēķiniet, cik gramus kālija superoksīda nepieciešams, lai pilnībā saistītu tādu CO₂ daudzumu, ko cilvēks izelpo 10 stundu laikā, pieņemot, ka 1 stundas laikā cilvēks izelpo vidēji x litrus CO₂.

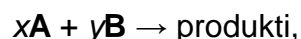
- 6 Kāda metāla oksohlorīdā (tas bez metāla satur skābekli un hlora) ir 9,02 % skābekļa un 59,99 % hlora. Uzrakstiet šī savienojuma ķīmisko formulu.

(Maskavas ķīmijas olimpiāde, 1995)

- 7* 1,000 L kolbā sajauc 1,000 molus vielas **A** ar 2,000 moliem vielas **B**. Pēc kāda laika noteica šo vielu koncentrācijas kolbā. Tās bija šādas:

$$\begin{aligned} \text{viela A:} & \quad 0,848 \text{ mol L}^{-1}; \\ \text{viela B:} & \quad 1,810 \text{ mol L}^{-1}. \end{aligned}$$

Zinot, ka reakciju starp šīm vielām var attēlot ar shēmu



nosakiet attiecību x/y, un uzrakstiet reakcijas vienādojumu, kas atbilst šādai shēmai.

- 8 13,9 gramus vielas izšķīdināja ūdenī un iegūto šķīdumu atšķaidīja ar ūdeni līdz 100 mL tilpumam. Iegūtajā šķīdumā konstatēja tikai 2,793 gramus dzelzs jonu un 0,0500 molus sulfātjonu.

Kādu vielu izšķīdināja ūdenī?

(Maskavas ķīmijas olimpiāde, 1995)

- 9 Karsēja divu otrās grupas metālu karbonātu maisījumu, kas satur vienādus daudzumus šo sāļu. Pēc karsēšanas, maisījuma masa bija samazinājusies par 38 procentiem no tās sākotnējās vērtības.

Aprēķiniet maisījuma sastāvu pirms karsēšanas.

(Igaunijas nacionālā ķīmijas olimpiāde, 1998)

- 10 1811. gadā itāļu zinātnieks Amadeo Avogadro aprēķināja kampara molmasu, mērot tā tvaiku blīvumu 210 °C temperatūrā un 1 atm spiedienā. Kampara tvaiku blīvums šajos apstākļos bija $3,84 \pm 0,03 \text{ g L}^{-1}$.

Kāda ir eksperimentāli iegūtā kampara tvaiku molmasa?

Kura no formulām apstiprina šī eksperimenta rezultātus?

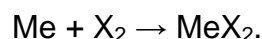
- A) $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$ B) $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}_2$ C) $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$ D) $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}_2$

(Rumānijas nacionālā ķīmijas olimpiāde, 1994)

UZDEVUMI 10. KLASEI

- ① Lai izšķīdinātu 18,3 gramus trīsvērtīga metāla un tā oksīda maisījuma, ir nepieciešami 31,3 gramu sērskābes. Kas ir šis metāls?

- ② Metāliem reaģējot ar halogēniem, var iegūt to halogēnīdus:



Izmantojot kāda metāla paraugu, pagatavoja trīs vienādus iesvarus, un katru no tiem apstrādāja ar kādu halogēnu (katru iesvaru apstrādāja ar vienu halogēnu). Kad reakcijas bija beigušās, ieguva šādus produktus:

Zeltaini dzelteni kristāli,	11,54 grami;
Dzeltenbrūni kristāli,	19,46 grami;
Tumši pelēki kristāli,	27,83 grami.

Nosakiet eksperimentā izmantoto metālu, un uzrakstiet iegūto savienojumu formulas.

- ③ Francijs ir radioaktīvs elements, un tā daudzums nepārtraukti samazinās. Uzzīmējiet francija radioaktīvās sabrukšanas grafiku (y ass – francija daudzums, x ass – laiks), ja zināms, ka katrās 30 minūtēs sadalās viena trešdaļa francija atomu. Pēc cik ilga laika būs atlicis tikai 1 % no sākotnējā francija daudzuma?

- ④ Skābeklī sadedzinot 2,40 g fosfora, ieguva 4,80 g vielas. Kas ir šī viela? Uzrakstīt attiecīgo reakciju vienādojumus.

- ⑤ 1921. gada ķīmijas žurnāla *Annales de Chimie* publikācijā par kāda metāla ķīmiskajām īpašībām atrodama šāda tabula:

<i>Composition des oxydes obtenus</i>	
Nature de l'oxyde	Composition
Oxyde bleu	O % 35,32
Oxyde violet	O % 33,42
Oxyde noir	O % 30,61
Oxyde brun	O % 25,33

Kāda elementa oksīdi minēti šajā tabulā?
Uzrakstiet šo oksīdu formulas.

- ⑥ Kāpēc BCl_3 molekula ir plakana, bet NCl_3 nav? Kāds ir iemesls šo abu molekulu formas atšķirībai?
- ⑦ Analizējot kāda sāļu maisījuma ūdens šķīdumu, tajā konstatēti tikai Na^+ , Cl^- , Br^- un I^- . Iztvaicējot 20 mL analizējamā šķīduma, ieguva 1732 mg sausā atlikuma. Tādam pat šķīduma tilpumam pielēja pārākumā ņemtu bromūdeni. Pēc šķīduma sakratīšanas, to iztvaicēja. Iegūtā sausā atlikuma masa bija 1685 mg. Šo procedūru atkātoja, 20 mL analizējamā šķīduma pielejot pārākumā ņemtu hlorūdeni. Sausā atlikuma masa šajā gadījumā bija 1462 mg.

Kas jādara, lai pagatavotu 100 mL analizējamā šķīduma?

- ⑧ Zināms, ka temperatūrai palielinoties par 10 grādiem, reakcijas ātrums palielinās *apmēram* 3 reizes.
Cik reižu palielināsies reakcijas ātrums, temperatūrai palielinoties par 20 grādiem?
- ⑨ Savienojums, kas sastāv no nātrija, fosfora, skābekļa un ūdeņraža, satur 12,8 % Na, 71,5 % O un 7,0 % H. Kas ir šis savienojums?
- ⑩* 57,00 g 30,33 % HCl šķīduma ielēja kolbā, kur atradās 52,40 g kāda sārmu metāla. Kad reakcija bija beigusies, iegūto šķīdumu vakuumā iztvaicēja. Pēc ietvaicēšanas kolbā atradās 99,92 g sausa produkta.
Nosakiet, kas ir šis metāls.

UZDEVUMI 11. KLASEI

- ① 0,5 g kāda metāla ievietoja 30 mL 5 M HCl šķīduma. Kad HCl koncentrācija bija samazinājusies līdz 2 mol L^{-1} (to noteica ar pH metru), metāls vēl nebija pilnībā izreaģējis. Kas ir šis metāls?
- ② Mangānam pazīstami vairāki oksīdi. Karsējot vienu no tiem, tas pārvēršas citā oksīdā, zaudējot 12,27 % sākotnējās masas. Uzrakstiet šīs reakcijas vienādojumu.
(Vācijas nacionālās ķīmijas olimpiādes treniņuzdevumi, 2000)

- ③ Iežos radioaktīvās sabrukšanas rezultātā no ^{238}U izotopa veidojas ^{226}Ra . Kad ir iestājies līdzsvars starp šiem elementiem, to daudzumattiecība vienāda ar pussabrukšanas periodu attiecību:

$$\frac{n(^{238}\text{U})}{n(^{226}\text{Ra})} = \frac{t_{\frac{1}{2}}(^{238}\text{U})}{t_{\frac{1}{2}}(^{226}\text{Ra})}$$

Kāda minerāla paraugā (tajā ir iestājies līdzsvars starp šiem abiem elementiem) ir 3,0 grami ^{238}U . Aprēķiniet, cik gramus ^{226}Ra satur šī minerāla paraugs.

Pussabrukšanas periodi: $t_{\frac{1}{2}}(^{238}\text{U}) = 4,5 \times 10^9$ gadi; $t_{\frac{1}{2}}(^{226}\text{Ra}) = 1,6 \times 10^3$ gadi.

(Vjetnamas nacionālā ķīmijas olimpiāde, 2000)

- ④ Veicot kāda bezkrāsaina šķīduma elementanalīzi, konstatēja, ka tas satur 17,7 % Na, 73,8 % O un 8,5 % H.

Kas ir šis šķīdums?

- ⑤ Zināms, ka oglekļa reakcijā ar skābekli veidojas oglekļa dioksīds. Ja grafiņa vietā lieto dimantu, šīs reakcijas gaitā izdalās vairāk siltuma.

Pamatojoties uz šo informāciju, nosakiet, vai dimanti patvaļīgi var pārvērsties grafiņā. Ja tā tas notiek, vai ir pamats uztraukties, ka drīz mūsu dimanti pārvērtīsies par grafiņu?

- ⑥ Ziemai tuvojoties, starp logiem ievietoja glāzi ar 100 mL 96 % sērskābes. Pavasarī glāzē atradās 200 mL šķīduma.

Cik mililitrus ūdens absorbēja sērskābe?

Uzdevuma risināšanā izmantojiet rokasgrāmatas.

- ⑦ Lai identificētu kādu vāju vienprotona skābi, pagatavoja 0,010 M tās ūdens šķīdumu. Iegūtā šķīduma pH bija 3,38.

Izmantojot rokasgrāmatas, identificējiet šo skābi.

- ⑧ 2,60 g cinka granulu ievietoja Pb^{2+} sāls šķīdumā. Pēc kāda laika granulas no šķīduma izņēma, noskaloja ar ūdeni un izžāvēja. To masa bija 5,14 g. Iegūtās granulas ievietoja kāda metāla sāls (E^{2+}) šķīdumā (tas ņemts pārākumā). Granulu masa pēc reakcijas $m = 2,53$ g.

Nosakiet, kāda metāla sāls šķīdumā tika ievietotas granulas.

Aprēķiniet granulu sastāvu (masas daļās) pēc pirmās un otrās to svēršanas.

(Ukrainas nacionālā ķīmijas olimpiāde, 2000)

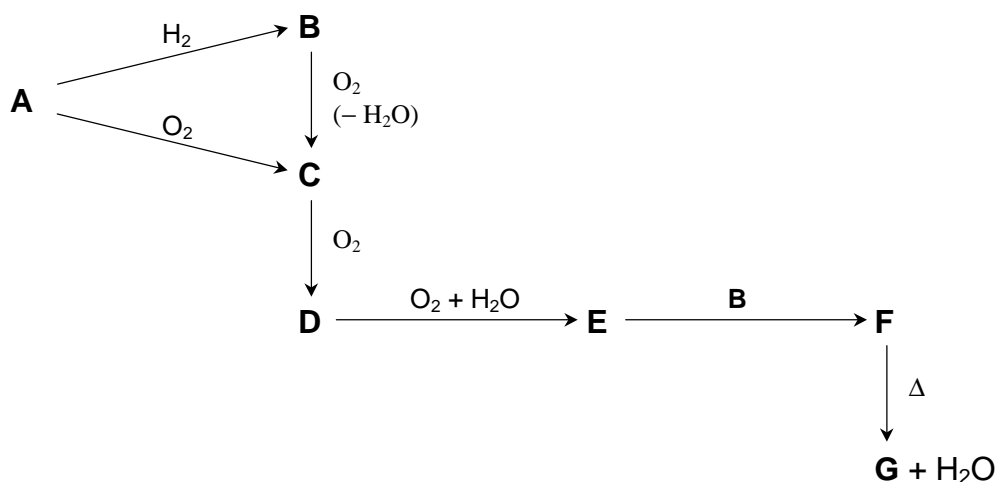
- 9* 100 g 4,35 % vielas **A** šķīduma (tā sasalšanas temperatūra ir $-1,11\text{ }^{\circ}\text{C}$) pielēja 100 g 2,51 % vielas **B** šķīduma (tā sasalšanas temperatūra ir $-1,09\text{ }^{\circ}\text{C}$). Radās 4,436 g nogulšņu. Iegūtā šķīduma sasalšanas temperatūra ir $-0,73\text{ }^{\circ}\text{C}$, bet tā viršanas temperatūra ir $100,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Nosakiet vielas **A** un **B**, pieņemot ka šķīdumos sāļi ir pilnībā disociēti jonus.

Ūdens krioskopiskās konstantes vērtība ir $1,86\text{ kg K mol}^{-1}$, bet ebullioskopiskās konstantes vērtība: $0,52\text{ kg K mol}^{-1}$.

(Vissavienības skolēnu olimpiāde, Kazaha, 1994)

10



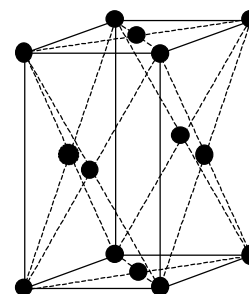
Zinot, ka vielas **A**, **B**, **C**, **D** un **G** ir gāzes, bet **F** – cieta viela, identificējiet savienojumus **A–G**.

(Zviedrijas nacionālā ķīmijas olimpiāde, 1994)

UZDEVUMI 12. KLASEI

- 1) Izskaidrojiet, kādēļ CO₂ molekulā leņķis starp asīm, kas savieno atomu kodolus ir 180°, bet SO₂ molekulā – 120°.

- 2) Elements **X** kristalizējas kubiskā veidā, kā parādīts attēlā. Zināms, ka šī elementa blīvums ir 19,32 g cm⁻³. Elementa atomu rādiuss šajā kristālā ir 144,1 pm. Nosakiet šī elementa relatīvo atommasu, un identificējiet to.



(Vācijas nacionālās ķīmijas olimpiādes treniņuzdevumi, 2000)

- 3) Procesā $A \xrightarrow{k_1} B \xrightarrow{k_2} C$ abas reakcijas ir pirmās kārtas reakcijas. Šādā saistītā procesā vielas **B** koncentrācija sākotnēji palielinās, bet pēc kāda laika – samazinās. Laika momentu t , kad vielas **B** koncentrācija ir vislielākā, aprēķina no šāda vienādojuma:

$$t = \frac{1}{k_2 - k_1} \ln \frac{k_2}{k_1}.$$

Aprēķiniet, kādai jābūt reakciju ātruma konstanšu attiecībai k_2/k_1 , lai vielas **B** maksimālā koncentrācija būtu tad, kad sadalījusies tieši puse no vielas **A**.

4*

	H ₃ PO ₄ (aq)	H ₂ PO ₄ ⁻ (aq)	HPO ₄ ²⁻ (aq)	PO ₄ ³⁻ (aq)	OH ⁻ (aq)	H ⁺ (aq)	H ₂ O (aq)
ΔH , kJ mol ⁻¹	-1275	-1296	-1292	-1277	-230	0	-286
ΔS , kJ mol ⁻¹ K ⁻¹	0,201	0,0904	-0,0335	-0,220	-0,0107	0	0,0700

Zinot savienojuma rašanās entalpiju, ΔH , un entropiju, ΔS , var noteikt Gibbsa enerģijas izmaiņu. Saskaņā ar otro termodinamikas likumu:

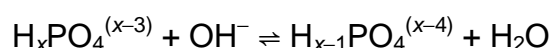
$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S.$$

Reakcijas Gibbsa enerģijas izmaiņa ir saistīta ar reakcijas līdzsvara konstanti:

$$-\Delta G_x = RT \cdot \ln K_x.$$

Izmantojot tabulā sniegto informāciju, aprēķiniet:

- 1) Fosforskābes neitralizācijas reakcijas



ΔH un ΔG atkarībā no x .

- 2) Aprēķiniet fosforskābes disociācijas konstantes $K_{a,1}$, $K_{a,2}$ un $K_{a,3}$, kā arī $pK_{a,1}$, $pK_{a,2}$ un $pK_{a,3}$. Iegūtās skaitliskās vērtības salīdziniet ar rokasgrāmatās sniegtajām.



Nosakiet, kādas vielas ir apzīmētas ar burtiem **A – H**.

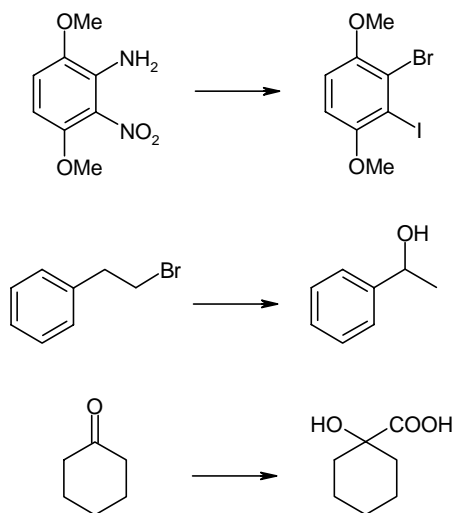
aq – ūdens šķīdums

g – gāzveida

s – ciets

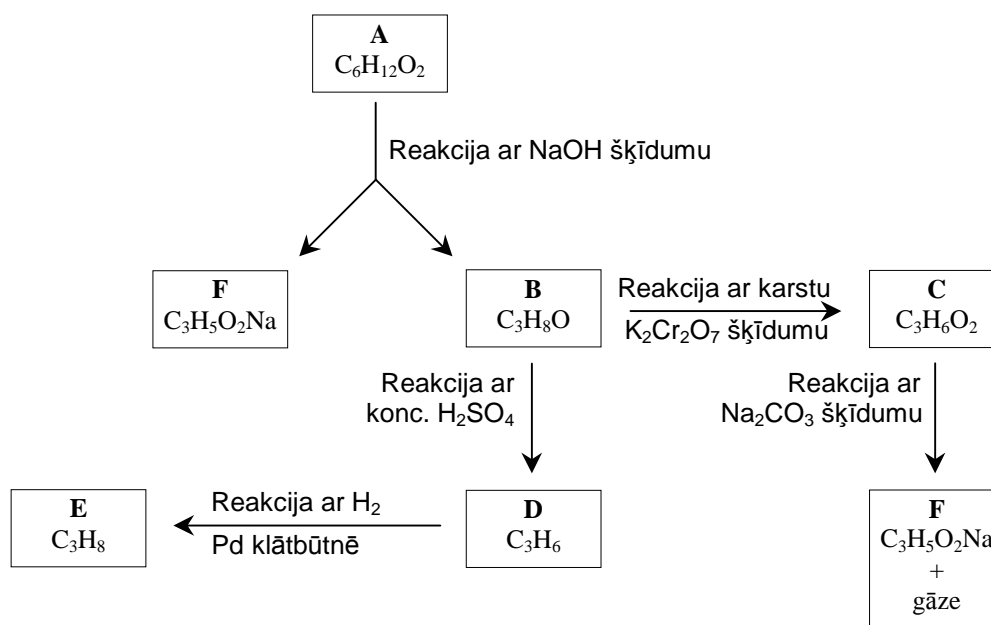
(Ungārijas nacionālā ķīmijas olimpiāde, 2000)

6 Iesakiet veidus, kā veikt šādas pārvērtības:



(ASV nacionālā ķīmijas olimpiāde, 2000)

7



Nosakiet vielu **A – F** formulas, un uzrakstiet attiecīgo reakciju vienādojumus.

(Zviedrijas nacionālā ķīmijas olimpiāde, 2000)

- ⑧* Dota kāda kristāliska, organiska skābe, kas nesatur citas funkcionālās grupas; NaOH šķīdums; 0,050 M skābeņskābes šķīdums. Lai noteiktu dotās skābes molmasu rīkojās sekojoši:

NaOH šķīduma standartizēšanai ņēma $50,00 \pm 0,01$ mL šķīduma un tā neitralizēšanai bija nepieciešami $65,75 \pm 0,05$ mL skābeņskābes šķīduma.

Iesvēra $0,456 \pm 0,001$ g dotās skābes, to izšķīdināja 20,0 mL ūdens. Skābes šķīduma neitralizēšanai bija nepieciešami $55,05 \pm 0,05$ mL standartizētā NaOH šķīduma.

Kāda ir dotās skābes molmasa?

Kāda ir dotās skābes formula?

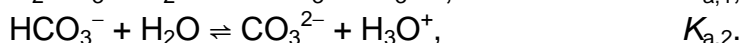
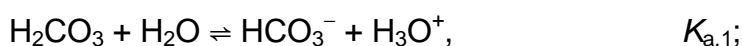
Ar kādu precizitāti šajā analīzē varēja noteikt dotās skābes molmasu?

- ⑨ 20 mL 3–hlorbutānskābes ($c = 1,00$ M) titrēja ar NaOH šķīdumu ($c = 0,50$ M).

Aprēķiniet 3–hlorbutānskābes šķīduma pH, kad tam pielikts stehiometrisks NaOH šķīduma daudzums.

3–Hlorbutānskābes disociācijas konstante, $pK_a = 4,05$.

- ⑩* Dabas ūdeņos karbonātijoni atrodas trīs dažādās formās – CO_3^{2-} ; HCO_3^- un H_2CO_3 ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$). Faktors, kas nosaka šo formu savstarpējo attiecību ir ūdens pH:



Zinot $K_{a,1}$ un $K_{a,2}$ skaitliskās vērtības, no abu līdzsvara nosacījumu izteiksmēm izsakiet HCO_3^- koncentrāciju atkarībā no H_3O^+ . Pieņemiet, ka summārā daļiņu H_2CO_3 , HCO_3^- un CO_3^{2-} koncentrācija ir 1 mol L^{-1} .

Aprēķiniet HCO_3^- koncentrāciju, ja šķīduma pH = 3 – 13. Iegūtos datus attēlojiet grafiski, uz abscisas atliekot ūdens pH, bet uz ordinātas – HCO_3^- daudzuma daļu (procentos no 1 mol L^{-1}).

Kādam jābūt ūdens pH, lai tajā atrastos visvairāk HCO_3^- ?

Salīdziniet šo pH vērtību ar ogļskābes disociācijas konstantēm, $pK_{a,1}$ un $pK_{a,2}$.

9. KLASES UZDEVUMU ATRISINĀJUMI

- ① Tā kā jebkurš šķīdums ir elektriski neitrāls, pozitīvo lādiņu daudzumam jābūt vienādam ar negatīvo lādiņu daudzumu (lādiņa daudzums = lādiņš × daudzums).

$$n(\text{K}^+) + n(\text{Na}^+) + 2 \cdot n(\text{Ca}^{2+}) + 2 \cdot n(\text{Mg}^{2+}) = n(\text{Cl}^-) + n(\text{HCO}_3^-) + 2 \cdot n(\text{SO}_4^{2-})$$

$$2 \cdot n(\text{SO}_4^{2-}) = n(\text{K}^+) + n(\text{Na}^+) + 2 \cdot n(\text{Ca}^{2+}) + 2 \cdot n(\text{Mg}^{2+}) - n(\text{Cl}^-) - n(\text{HCO}_3^-)$$

Tā kā $n = m \cdot M^{-1}$, tad

$$2 \frac{m(\text{SO}_4^{2-})}{M_r(\text{SO}_4^{2-})} = \frac{m(\text{K}^+)}{M_r(\text{K}^+)} + \frac{m(\text{Na}^+)}{M_r(\text{Na}^+)} + 2 \frac{m(\text{Ca}^{2+})}{M_r(\text{Ca}^{2+})} + 2 \frac{m(\text{Mg}^{2+})}{M_r(\text{Mg}^{2+})} - \frac{m(\text{Cl}^-)}{M_r(\text{Cl}^-)} - \frac{m(\text{HCO}_3^-)}{M_r(\text{HCO}_3^-)}$$

Pieņemot, ka minerālūdens tilpums ir 1 litrs, $m(\text{K}^+) = 105 \text{ mg}$; $m(\text{Na}^+) = 50 \text{ mg}$ u.t.t.

$$2 \frac{m(\text{SO}_4^{2-})}{98 \text{ g mol}^{-1}} = \frac{105 \text{ mg}}{39 \text{ g mol}^{-1}} + \frac{50 \text{ mg}}{23 \text{ g mol}^{-1}} + 2 \frac{50 \text{ mg}}{40 \text{ g mol}^{-1}} + 2 \frac{40 \text{ mg}}{24 \text{ g mol}^{-1}} - \frac{160 \text{ mg}}{35,5 \text{ g mol}^{-1}} - \frac{350 \text{ mg}}{61 \text{ g mol}^{-1}}$$

$$m(\text{SO}_4^{2-}) = 22 \text{ mg}$$

Tā kā minerālūdens parauga tilpums ir 1 litrs (tas tika pieņemts), tad SO_4^{2-} saturs tajā ir **22 mg L⁻¹**.

- ② Pa pāriem salejot kopā visu mēģeņu saturus, novērojam iegūtos šķīdumus. Iegūtos novērojumus apkopo tabulā. Iegūstam, piemēram, šādu tabulu:

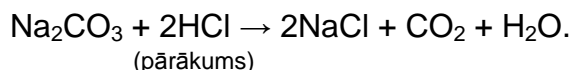
	# 1	# 2	# 3	# 4
# 1	×	Baltas nogulsnes	–	Gāze
# 2	Baltas nogulsnes	×	Baltas nogulsnes	Baltas nogulsnes
# 3	–	Baltas nogulsnes	×	–
# 4	Gāze	Baltas nogulsnes	–	×

Lai varētu iegūt secinājumus par mēģeņu saturu, veic teorētisku eksperimentu, aizpildot līdzīgu tabulu:

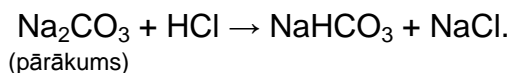
	HCl	Na ₂ CO ₃	AgNO ₃	KBr
HCl	×	Gāze	Baltas nogulsnes	–
Na ₂ CO ₃	Gāze	×	Baltas nogulsnes	–
AgNO ₃	Baltas nogulsnes	Baltas nogulsnes	×	Baltas nogulsnes
KBr	–	–	Baltas nogulsnes	×

Salīdzināsim šo abu tabulu kolonnas. KBr un AgNO₃ kolonnas atšķiras no pārējām, tādēļ var apgalvot, ka # 3 ≙ KBr un # 2 ≙ AgNO₃. HCl un Na₂CO₃ šādi identificēt

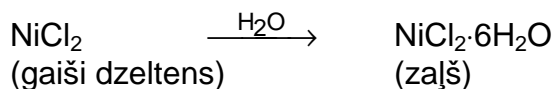
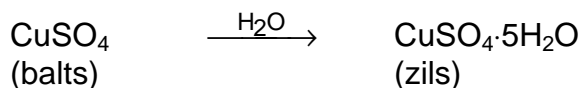
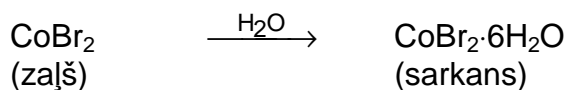
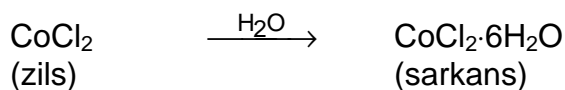
nevar. Lai to izdarītu, vienu pilienu # 1 šķīduma iepilina lielākā daudzumā # 4 šķīduma. Ja var novērot gāzes burbulīšu veidošanos, tad # 1 ir Na₂CO₃:



Pretējā gadījumā # 1 ir HCl:



- ③ Izmanto īpašību, ka savienojums reaģē ar ūdeni, mainot krāsu. Pie šādiem savienojumiem pieskaitāmi tādi bezūdens sāļi, kā vara sulfāts, kobalta hlorīds un vēl daži.



Kādu no šiem bezūdens sāļiem ievieto stikla caurulītē, kas savienota ar gumijas cauruli. Ar muti pūš gaisu gumijas caurulītē un novēro sāls krāsas izmaiņas. Izdara attiecīgos secinājumus par ūdens tvaiku klātbūtni gaisā.

- ④ 1 grans CaCO₃ 1 galonā $\hat{=}$ 64,80 mg CaCO₃ / 4,546 L = 14,25 mg CaCO₃ L⁻¹

Tā kā 14,25 mg CaCO₃ $\hat{=}$ 0,1424 mmol CaCO₃,
tad **1 angļu grāds** ir 0,1424 mmol CaCO₃ L⁻¹ $\hat{=}$ **0,1424 mmol Ca²⁺ L⁻¹**.

- ⑤ $4\text{KO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{CO}_2 \rightarrow 4\text{KHCO}_3 + 3\text{O}_2$

10 stundu laikā cilvēks vidēji izelpo 10·x L CO₂.

$$n(\text{CO}_2) = \frac{10A}{22,4} = 0,45 \cdot x \text{ mol}$$

$$n(\text{KO}_2) = n(\text{CO}_2)$$

$$m(\text{KO}_2) = 0,45x \cdot 71,1 \text{ g mol}^{-1} = 32x \text{ g}$$

Atbilde: Nepieciešami 32·x grami KO₂.

Piezīme: Uzdevuma atrisinājuma konkretizēšanai atbilstošajā uzziņu literatūrā vēlams patstāvīgi noskaidrot lieluma x skaitlisko vērtību. Tad arī var izdarīt secinājumus par to, cik daudz KO₂ ir vajadzīgs, lai saistītu 10 h laikā izelpoto CO₂.

-
- ⑥ Metāla saturs okschlorīdā ir $100\% - 9,02\% - 59,99\% = 30,99\%$.

$$n(\text{Cl}): n(\text{O}) = \frac{59,99}{35,45} : \frac{9,02}{16,00} = 1,69 : 0,56 = 3 : 1$$

Ja okschlorīda vispārīgo formulu rakstām formā Me_xOCl_3 , tad $n(\text{Me}): n(\text{O}) = x$

$$\frac{30,99}{A_r(\text{Me})} : \frac{9,02}{16,00} = x$$

$$A_r(\text{Me}) = 55,0 \cdot x^{-1}$$

- Ja $x = 1$: $A_r(\text{Me}) = 55,0 \text{ g mol}^{-1}$ – tas atbilst mangānam.
Ja $x = 2$: $A_r(\text{Me}) = 27,5 \text{ g mol}^{-1}$.
Ja $x = 3$: $A_r(\text{Me}) = 18,3 \text{ g mol}^{-1}$.
Ja $x = 4$: $A_r(\text{Me}) = 13,7 \text{ g mol}^{-1}$.

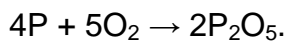
Atbilde: Uzdevuma nosacījumiem atbilst MnOCl_3 .

⑦

	$x\mathbf{A}$	+	$y\mathbf{B}$	→	produkti,
<i>sākotnēji</i>	1,000 mol		2,000 mol		
<i>pēc kāda laika</i>	0,848 mol		1,810 mol		
<i>izreaģēja</i>	0,152 mol		0,190 mol		

$$x: y = 0,152 : 0,190 = \mathbf{0,800} = 4 : 5.$$

Šādai shēmai atbilst vienādojums:



⑧

$$n(\text{Fe}) = 0,0500 \text{ mol} = n(\text{SO}_4^{2-}).$$

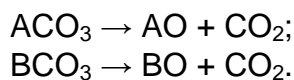
Tā kā šo abu jonu daudzumi (un koncentrācijas) ir vienādas, varam secināt, ka izšķīdināja dzelzs(II) sulfātu, FeSO_4 .

$$\mathbf{0,0500 \text{ mol FeSO}_4 \hat{=} 7,59 \text{ g FeSO}_4.$$

Tā kā izšķīdināja 13,9 g vielas, atliek secināt, ka izejviela bija *kristālhidrāts*. Ūdens masa tajā, $m(\text{H}_2\text{O}) = 13,9 - 7,59 = 6,3 \text{ g} \hat{=} 0,35 \text{ mol} \hat{=} \mathbf{7 \times 0,050 \text{ mol}}$.

Redzams, ka ūdeni izšķīdināja $\mathbf{FeSO}_4 \cdot \mathbf{7H}_2\mathbf{O}$.

-
- ⑨ Pieņemsim, ka maisījums sastāv no 1 mola ACO_3 un 1 mola BCO_3 .
Karsējot šo maisījumu, rodas 1 mols AO un 1 mols BO:



Pirms karsēšanas maisījuma masa

$$m_1 = M_r(\text{ACO}_3) + M_r(\text{BCO}_3) = A_r(\text{A}) + A_r(\text{B}) + 120.$$

Pēc karsēšanas maisījuma masa

$$m_2 = M_r(\text{AO}) + M_r(\text{BO}) = A_r(\text{A}) + A_r(\text{B}) + 32.$$

Tā kā $(1 - 0,38) \cdot m_1 = m_2$, tad

$$\begin{aligned}0,62 \cdot [A_r(\text{A}) + A_r(\text{B}) + 120] &= A_r(\text{A}) + A_r(\text{B}) + 32; \\ \mathbf{A_r(\text{A}) + A_r(\text{B})} &= \mathbf{111}.\end{aligned}$$

Šāda izteiksme ir pareiza tikai stroncijam un magnijam.

Atbilde: Maisījums sastāv no 36 % MgCO_3 un 64 % SrCO_3 (masas daļās).

- ⑩ $pV = nRT$
 $pVM_r = mRT$

$$\mathbf{pM_r = \rho RT}$$

$$p = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa} \hat{=} 1 \text{ atm}$$

$$T = 483 \text{ K}$$

$$R = 8,315 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$\rho = 3,84 \pm 0,03 \text{ g L}^{-1}$$

$$M_r = \frac{(3840 \pm 30) \text{ g m}^{-3} \times 8,315 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 483 \text{ K}}{1,0 \times 10^5 \text{ Pa}} = 154 \pm 1 \text{ g mol}^{-1}$$

$$M_r(\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}) = 152 \text{ g mol}^{-1}$$

$$M_r(\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}_2) = 168 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\mathbf{M_r(\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}) = 154 \text{ g mol}^{-1}}$$

$$M_r(\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}_2) = 170 \text{ g mol}^{-1}$$

Atbilde:

Eksperimentāli iegūtā kampara tvaiku molmasa ir $154 \pm 1 \text{ g mol}^{-1}$.

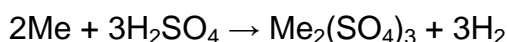
Kampara tvaiku blīvumam atbilst formula $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$.

$$\textcircled{1} \quad n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{31,3 \text{ g}}{98,1 \text{ g mol}^{-1}} = 0,319 \text{ mol}$$

Tā kā maisījuma sastāvs nav zināms, apskatām divus *robežgadījumus*:

- 1) maisījums sastāv tikai no metāla Me;
- 2) maisījums sastāv tikai no metāla oksīda Me_2O_3 .

1. gadījums

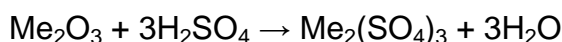


$$n(\text{Me}) = \frac{2}{3} n(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$n(\text{Me}) = \frac{2}{3} \cdot 0,319 = 0,213 \text{ mol}$$

$$A_r(\text{Me}) = \frac{m(\text{Me})}{n(\text{Me})} = \frac{18,3 \text{ g}}{0,213 \text{ mol}} = \mathbf{86 \text{ g mol}^{-1}}$$

2. gadījums



$$n(\text{Me}_2\text{O}_3) = \frac{1}{3} n(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$n(\text{Me}_2\text{O}_3) = \frac{1}{3} \cdot 0,319 = 0,106 \text{ mol}$$

$$M_r(\text{Me}_2\text{O}_3) = \frac{m(\text{Me}_2\text{O}_3)}{n(\text{Me}_2\text{O}_3)} = \frac{18,3 \text{ g}}{0,106 \text{ mol}} = 173 \text{ g mol}^{-1}$$

$$A_r(\text{Me}) = \frac{173 - 3 \cdot 16}{2} = \mathbf{62 \text{ g mol}^{-1}}$$

Reālā $A_r(\text{Me})$ atradīsies starp šīm abām vērtībām, jo maisījums sastāv no metāla **un** tā oksīda. Tādējādi

$$62 \text{ g mol}^{-1} < A_r(\text{Me}) < 86 \text{ g mol}^{-1}.$$

Vienīgais trīsvērtīgais metāls, kura atommasa atrodas šajā intervālā, ir **gallijs** (arsēns neatbilst uzdevuma nosacījumiem, jo nav metāls).

Atbilde: Šis metāls ir gallijs.

- $\textcircled{2}$ Tā kā eksperimentā tika izmantoti vienādi metāla (Me) daudzumi, tad arī iegūto halogenīdu daudzumi ir vienādi. Tā kā ir četri halogēni (F_2 , Cl_2 , Br_2 un I_2), bet eksperimentā izmantoti tikai trīs no tiem, jāapskata vairākas iespējamās situācijas. Saprotams, ka halogenīds ar vismazāko masu ir MeF_2 **vai** MeCl_2 .

Pieņemsim, ka halogenīds ar vismazāko masu ir MeF_2 . Tādā gadījumā ir iespējamās divas situācijas – dzeltenbrūnie kristāli ir MeCl_2 , vai arī MeBr_2 .

- 1) Zeltaini dzeltenie kristāli ir MeF_2 , dzeltenbrūnie – MeCl_2 .
- 2) Zeltaini dzeltenie kristāli ir MeF_2 , dzeltenbrūnie – MeBr_2 .

Apskatīsim abas situācijas, kas rodas no šī pieņēmuma.

1. situācija _____

$$\begin{aligned} n(\text{MeF}_2) &= n(\text{MeCl}_2) \\ \frac{11,54 \text{ g}}{A_r(\text{Me}) + 2 \cdot 19,0} &= \\ \frac{19,46 \text{ g}}{A_r(\text{Me}) + 2 \cdot 35,5} & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 11,54 \cdot A_r(\text{Me}) + 819,3 &= \\ 19,46 \cdot A_r(\text{Me}) + 739,5 & \\ 7,92 \cdot A_r(\text{Me}) &= 79,8 \\ A_r(\text{Me}) &= 10 \text{ g mol}^{-1} \end{aligned}$$

Atbilstošā metāla nav.

2. situācija _____

$$\begin{aligned} n(\text{MeF}_2) &= n(\text{MeBr}_2) \\ \frac{11,54 \text{ g}}{A_r(\text{Me}) + 2 \cdot 19,0} &= \\ \frac{19,46 \text{ g}}{A_r(\text{Me}) + 2 \cdot 79,9} & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 11,54 \cdot A_r(\text{Me}) + 1844 &= \\ 19,46 \cdot A_r(\text{Me}) + 739,5 & \\ 7,92 \cdot A_r(\text{Me}) &= 1104 \\ A_r(\text{Me}) &= 139 \text{ g mol}^{-1} \end{aligned}$$

Atbilstošais metāls – lantāns.

Pārbaudām lantāna *atbilstību* uzdevuma nosacījumiem:

Ja dzeltenbrūnie kristāli ir LaBr_2 , tad tumši pelēkiem kristāliem ir jābūt LaI_2 .

$$\begin{aligned} m(\text{LaF}_2) &= 11,54 \text{ g}, \quad n(\text{LaF}_2) = 0,0652 \text{ mol} = n(\text{LaI}_2) \\ m(\text{LaI}_2) &= 392,7 \text{ g mol}^{-1} \cdot 0,0652 \text{ mol} = 25,6 \text{ g}. \end{aligned}$$

Šis skaitlis (25,6 g) neatbilst uzdevums nosacījumiem (27,8 g), tādēļ **pieņēmums**, ka halogenīds ar vismazāko masu ir MeF_2 ir **nepareizs**. Atliek secināt, ka tas ir MeCl_2 . Tādējādi zeltaini dzeltenie kristāli ir MeCl_2 , dzeltenbrūnie – MeBr_2 , bet tumši pelēkie – MeI_2 .

$$\begin{aligned} n(\text{MeCl}_2) &= n(\text{MeBr}_2) \\ \frac{11,54 \text{ g}}{A_r(\text{Me}) + 2 \cdot 35,5} &= \frac{19,46 \text{ g}}{A_r(\text{Me}) + 2 \cdot 79,9} \end{aligned}$$

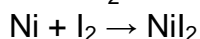
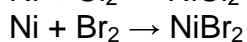
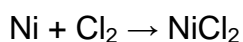
$$\begin{aligned} 11,54 \cdot A_r(\text{Me}) + 1844 &= 19,46 \cdot A_r(\text{Me}) + 1382 \\ 7,92 \cdot A_r(\text{Me}) &= 462 \\ A_r(\text{Me}) &= \mathbf{58,3 \text{ g mol}^{-1}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n(\text{MeCl}_2) &= n(\text{MeI}_2) \\ \frac{11,54 \text{ g}}{A_r(\text{Me}) + 2 \cdot 35,5} &= \frac{27,83 \text{ g}}{A_r(\text{Me}) + 2 \cdot 127} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 11,54 \cdot A_r(\text{Me}) + 2931 &= 27,83 \cdot A_r(\text{Me}) + 1976 \\ 16,29 \cdot A_r(\text{Me}) &= 955 \\ A_r(\text{Me}) &= \mathbf{58,6 \text{ g mol}^{-1}} \end{aligned}$$

Metāla atommasa, $58,5 \text{ g mol}^{-1}$, vistuvāk atbilst niķelim ($58,7 \text{ g mol}^{-1}$).

Atbilde: Eksperimentā izmantoja niķeli.



Piezīme: Aplūkojot 1. situāciju, ieguvām, ka $A_r(\text{Me}) = 10 \text{ g mol}^{-1}$. Var pārbaudīt (līdzīgi kā to darījām La gadījumā) berilija atbilstību šim nosacījumam, bet jāievēro tas, ka iegūtie halogenīdi ir *krāsaini*, bet tas nav raksturīgs IIA grupas elementiem.

- ③ Ja katrā pusstundā sabrūk 33 % vielas, tātad pēc katras pusstundas 66 % francija paliek **nesadalījušies**.

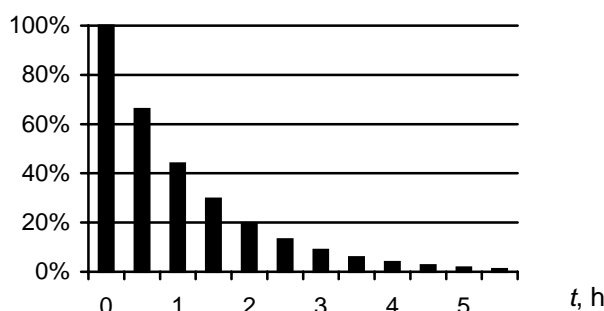
Pēc 1. pusstundas paliek **nesadalījušies** 66 %.

Pēc 2. pusstundas sadalās 33 % no atlikušajiem 66 %, tātad **nesadalījušies** paliek $0,66 \cdot 66 \% = 44 \%$.

Pēc 3. pusstundas sadalās 33 % no atlikušajiem 44 %, tātad **nesadalījušies** paliek $0,66 \cdot 44 \% = 0,66 \cdot 0,66 \cdot 66 \% = 30 \%$.

Pēc n . pusstundas sadalās 33 % no atlikušās daļas, **nesadalījušies** paliek $(0,66 \cdot 0,66 \dots \cdot 66 \%)_{n \text{ reizi}} \%$.

Attēlā redzama francija daudzuma izmaiņa radioaktīvās sabrukšanas rezultātā.

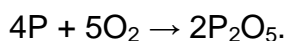


Ja 1 % francija būs palicis pēc x pusstundām, tad

$$(0,66 \cdot 0,66 \dots \cdot 66 \%)_{x \text{ reizi}} = 1 \%$$

Viegli atrast, ka $x = 11$, tātad pēc **5,5** stundām būs atlicis tikai **1 %** no sākotnējā francija daudzuma.

- ④ Sadegot fosforam, veidojas fosfora(v) oksīds, P_2O_5 :

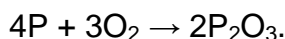


$$n(\text{P}) = 2,40 \text{ g} / 31,0 \text{ g mol}^{-1} = 0,0774 \text{ mol}.$$

$$n(\text{P}_2\text{O}_5) = 0,5 \cdot n(\text{P}) = 0,5 \cdot 0,0774 = 0,0387 \text{ mol}$$

$$m(\text{P}_2\text{O}_5) = 0,0387 \text{ mol} \cdot 142 \text{ g mol}^{-1} = 5,50 \text{ g}.$$

legūtā produkta masa (4,80 g) ir *mazāka* par 5,50 gramiem, tātad atliek secināt, ka viss fosfors eksperimenta apstākļos neoksidējas līdz P_2O_5 , un veidojas arī P_2O_3 :



Ar x apzīmējam to fosfora daļu, kas oksidējas līdz P_2O_3 , bet ar $(1 - x)$ – attiecīgi to fosfora daļu, kas oksidējas līdz P_2O_5 .

$$n(P_2O_3) = x \cdot 0,5 \cdot n(P)$$

$$n(P_2O_5) = (1 - x) \cdot 0,5 \cdot n(P)$$

$$m(P_2O_3) = x \cdot 0,5 \cdot n(P) \cdot M_r(P_2O_3)$$

$$m(P_2O_5) = (1 - x) \cdot 0,5 \cdot n(P) \cdot M_r(P_2O_5)$$

$$m(P_2O_3) + m(P_2O_5) = x \cdot 0,5 \cdot n(P) \cdot M_r(P_2O_3) + (1 - x) \cdot 0,5 \cdot n(P) \cdot M_r(P_2O_5) = 4,80 \text{ g}$$

$$x \cdot 0,0387 \cdot 110 + (1 - x) \cdot 0,0387 \cdot 142 = 4,80 \text{ g}$$

$$4,26 \cdot x - 5,50 \cdot x + 5,50 = 4,80$$

$$1,24 \cdot x = 0,70$$

$$x = 0,56$$

Tādējādi $m(P_2O_3) = 0,56 \cdot 0,5 \cdot 0,0774 \cdot 110 = 2,38 \text{ g}$ (50 %)

$m(P_2O_5) = 4,80 - 2,38 = 2,42 \text{ g}$ (50 %)

Atbilde: legūtais produkts ir P_2O_3 un P_2O_5 maisījums, kas sastāv no 50 % P_2O_3 un 50 % P_2O_5 .

- 5 Oksīdu vispārīgās formulas varam rakstīt formā Me_xO_y . Tādējādi

$$\frac{w(O)}{y \cdot A_r(O)} = \frac{1 - w(O)}{x \cdot A_r(Me)};$$

$$A_r(Me) = 16,0 \cdot \left(\frac{1}{w(O)} - 1 \right) \cdot \frac{y}{x}.$$

$$\text{Oxyde bleu} \quad A_r(Me) = 29,3 \cdot \frac{y}{x} \quad (1)$$

$$\text{Oxyde violet} \quad A_r(Me) = 31,9 \cdot \frac{y}{x} \quad (2)$$

$$\text{Oxyde noir} \quad A_r(Me) = 36,3 \cdot \frac{y}{x} \quad (3)$$

$$\text{Oxyde brun} \quad A_r(Me) = 47,3 \cdot \frac{y}{x} \quad (4)$$

Apskatīsim, kādiem metāliem atbilst šīs izteiksmes.

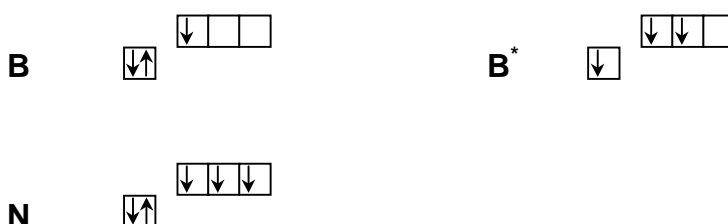
Tabulā apkopotas deviņas plašāk izplatīto oksīdu formulas, un tām atbilstošā metāla atommasa, kas aprēķināta attiecīgi pēc vienādojumiem (1) – (4).

Oksīda formula	Metāla relatīvā atommasa, g mol ⁻¹			
	<i>Oxyde bleu</i>	<i>Oxyde violet</i>	<i>Oxyde noir</i>	<i>Oxyde brun</i>
MeO	29	32	36	47
MeO ₂	59	64	73	95
MeO ₃	88	96	109	142
MeO ₄	117	128	145	189
Me ₂ O	15	16	18	24
Me ₂ O ₃	44	48	54	71
Me ₂ O ₅	73	80	91	118
Me ₃ O ₄	39	43	48	63
Me ₃ O ₅	49	53	61	79

Viegli ievērot, ka visām kolonām ir kopīga tikai viena atommasa. Tās vidējā vērtība ir 48 ± 1 g mol⁻¹. Šāda atommasa atbilst **titānam**.

<i>Oxyde bleu</i>	Ti ₃ O ₅
<i>Oxyde violet</i>	Ti ₂ O ₃
<i>Oxyde noir</i>	Ti ₃ O ₄
<i>Oxyde brun</i>	TiO

⑥ Bora ārējā enerģētiskajā līmenī ir trīs elektroni:



Hlora ārējā enerģētiskajā līmenī (*p*) ir 1 nesapārots elektrons.

Veidojoties saitēm B–Cl un N–Cl, BCl₃ gadījumā visi ārējā enerģētiskā līmeņa elektroni ir iesaistīti saišu B–Cl veidošanā, bet NCl₃ gadījumā vēl atliek nedalīts elektronu pāris.

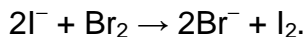
BCl₃ molekulā ap bora atomu simetriski jāizvietojas trim hlora atomiem, bet NCl₃ molekulā ap slāpekļa atomu simetriski jāizvietojas trim hlora atomiem **un** nedalītajam elektronu pārim.



- 7 Acīmredzot, sāļu maisījums sastāv NaCl, NaBr un NaI. 20 mL šķīdumā esošo NaCl, NaBr un NaI masu apzīmējam attiecīgi ar x , y un z .

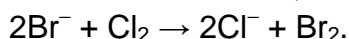
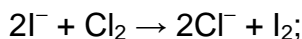
$$x + y + z = 1,732$$

Pielejot šķīdumam bromūdeni, NaI tiek pārvērsts par NaBr:



$$x + y + z \frac{79,9}{127} = 1,685$$

Pielejot šķīdumam hlorūdeni, NaI un NaBr tiek pārvērsti par NaCl:



$$x + y \frac{35,5}{79,9} + z \frac{35,5}{127} = 1,462$$

Apvienojot šos trīs vienādojumus, iegūstam šādu sistēmu:

$$\begin{cases} x + y + z = 1,732 \\ x + y + 0,629z = 1,685 \\ x + 0,444y + 0,280z = 1,462 \end{cases}$$

Atņemot no pirmā vienādojuma otro, iegūstam, ka

$$\mathbf{z = 127 \text{ mg.}}$$

Ievietojot z vērtību otrajā un trešajā vienādojumā, ar tam sekojošu trešā vienādojuma atņemšanu no otrā, iegūstam, ka

$$\mathbf{y = 322 \text{ mg}}$$

un

$$\mathbf{x = 1283 \text{ mg.}}$$

Tātad, 20 mL analizējamā šķīduma atrodas 1283 mg NaCl, 322 mg NaBr un 127 mg NaI.

Lai pagatavotu 100 mL šāda šķīduma, 6,415 g NaCl, 1,610 g NaBr un 0,635 g NaI nepieciešams izšķīdināt nelielā ūdens daudzumā, un iegūto šķīdumu 100 mL mērkolbā jāpiepilda ar ūdeni līdz atzīmei.

-
- 8 Reakcijas ātrumu apzīmējam ar v .
Uzdevuma nosacījumu matemātiskais pieraksts:

$$\frac{v_{T+10}}{v_T} \approx 3.$$

Saskaņā ar uzdevuma nosacījumiem, reakcijas ātrums temperatūrā $(T + 20)$ būs trīs reizes lielāks, salīdzinot ar ātrumu temperatūrā $(T + 10)$, jo temperatūras starpība šajos gadījumos ir 10 grādi:

$$\frac{v_{T+20}}{v_{T+10}} \approx 3.$$

Apvienojot abus vienādojumus, iegūstam, ka

$$\frac{v_{T+20}}{v_T} \approx 3 \cdot 3 = 9.$$

Atbilde: Temperatūrai palielinoties par 20 grādiem, reakcijas ātrums palielinās *apmēram* 9 reizes.

Piezīme: Iegūto atbildi var vispārināt, izvedot universālāku vienādojumu.

Ja, temperatūrai palielinoties par T grādiem, reakcijas ātrums palielinās vidēji γ reizi, tad, temperatūrai palielinoties par ΔT grādiem, šīs reakcijas ātrums palielināsies vidēji $(\gamma)^{\frac{\Delta T}{T}}$ reizi.

No šejienes redzams, ka, piemēram, temperatūrai palielinoties par 5 °C, reakcijas ātrums palielināsies vidēji $\sqrt{3}$ reizes.

- 9 Savienojuma summārā formula ir $\text{Na}_a\text{P}_b\text{H}_c\text{O}_d$

$$w(\text{P}) = 100 - 12,8 - 71,5 - 7,0 = 8,7 \%$$

Pieņemot, ka savienojuma masa ir 100 g, varam rakstīt, ka

$$a : b : c : d = \frac{12,8}{23,0} : \frac{8,7}{31,0} : \frac{7,0}{1,0} : \frac{71,5}{16,0} = 0,56 : 0,28 : 7,0 : 4,47 = 2 : 1 : 25 : 16.$$

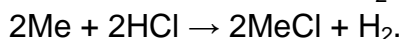
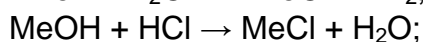
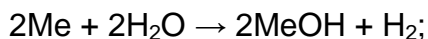
Tādējādi, savienojuma summārā formula ir $\text{Na}_2\text{PH}_{25}\text{O}_{16}$.

Ja šis savienojums ir fosfāts, tad tā formula ir $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \times n\text{H}_2\text{O}$, un $n = 12$.

- 10 Apskatīsim divas situācijas:
- 1) Pārākumā ņemta sāļsskābe;
 - 2) Pārākumā ņemts metāls.

1. situācija

Ja pārākumā ņemta sāļsskābe, reakcijas gaitā veidosies metāla (Me) hlorīds:



Ietvaicējot šķīdumu vakuumā, tiks atdalīts ūdens un HCl. Sausais atlikums: MeCl.

$$n(\text{Me}) = n(\text{MeCl})$$

$$\frac{m(\text{Me})}{A_r(\text{Me})} = \frac{m(\text{MeCl})}{M_r(\text{MeCl})}$$

$$\frac{52,40 \text{ g}}{A_r(\text{Me})} = \frac{99,92 \text{ g}}{A_r(\text{Me}) + 35,45}$$

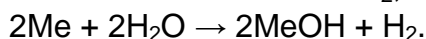
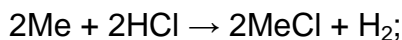
$$47,52 \cdot A_r(\text{Me}) = 1858$$

$$\mathbf{A_r(\text{Me}) = 39,1 \text{ g mol}^{-1}}$$

Atommasa atbilst kālijam ($39,10 \text{ g mol}^{-1}$).

2. situācija

Ja pārākumā ņemts metāls, kolbā var notikt šādi procesi:



Sauso atlikumu veido MeCl; MeOH un/vai neizreagējušais metāls (ja metāls ņemts tik lielā pārākumā).

Šīs situācijas analīzē tādējādi iespējami divi gadījumi:

1. gadījums: sausais atlikums ir **MeCl** un **MeOH**.

2. gadījums: sausais atlikums ir **MeCl**, **MeOH** un **Me**.

1. gadījuma analīze

Ja pārākumā ņemts metāls, tad $n(\text{MeCl}) = n(\text{HCl})$.

Atlikušais metāls ar ūdeni veido MeOH:

$$n(\text{MeOH}) = n(\text{Me}) - n(\text{MeCl}).$$

$$n(\text{HCl}) = \frac{m(\text{MeCl})}{M_r(\text{MeCl})} = 0,3033 \cdot 57,00 \times 36,46^{-1} = 0,474 \text{ mol}$$

$$n(\text{MeCl}) = 0,474 \text{ mol}$$

$$\mathbf{m(\text{MeCl}) = 0,474 \text{ mol} \times (A_r(\text{Me}) + 35,45)}$$

$$n(\text{MeOH}) = n(\text{Me}) - 0,474 \text{ mol} = \frac{52,40 \text{ g}}{A_r(\text{Me})} - 0,474 \text{ mol}$$

$$m(\text{MeOH}) = (A_r(\text{Me}) + 17,01) \times \left(\frac{52,40 \text{ g}}{A_r(\text{Me})} - 0,474 \right)$$

$$m(\text{MeCl}) + m(\text{MeOH}) = 99,92 \text{ g}$$

$$0,474 \times (A_r(\text{Me}) + 35,45) + (A_r(\text{Me}) + 17,01) \times \left(\frac{52,40 \text{ g}}{A_r(\text{Me})} - 0,474 \right) = 99,92$$

$$\frac{891,3}{A_r(\text{Me})} = 38,78$$

$$A_r(\text{Me}) = 23,0 \text{ g mol}^{-1}$$

Atommasa atbilst nātrijam ($22,99 \text{ g mol}^{-1}$).

———— 2. gadījuma analīze —————

Ja pārākumā ņemts metāls, tad $n(\text{MeCl}) = n(\text{HCl})$.

Metāls ar atlikušo ūdeni veido MeOH:

$$n(\text{MeOH}) = n(\text{H}_2\text{O}).$$

Atlikušais metāls: $n(\text{Me})$.

$$m(\text{MeCl}) = 0,474 \text{ mol} \times (A_r(\text{Me}) + 35,45)$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = (1 - 0,3033) \cdot 57,00 \times 18,02^{-1} = 2,204 \text{ mol}$$

$$n(\text{MeOH}) = 2,204 \text{ mol}$$

$$m(\text{MeOH}) = (A_r(\text{Me}) + 17,01) \times 2,204 \text{ mol}$$

$$m(\text{MeCl}) + m(\text{MeOH}) < 99,92 \text{ g}$$

$$(0,474 \cdot A_r(\text{Me}) + 16,80) + (2,204 \cdot A_r(\text{Me}) + 37,49) < 99,92$$

$$2,678 \cdot A_r(\text{Me}) < 45,63$$

$$A_r(\text{Me}) < 17 \text{ g mol}^{-1}$$

Šāda nevienādība ir *pareiza* tikai litijam ($6,9 \text{ g mol}^{-1}$).

Atbilde: Kolbā atradās kālijs, nātrijs, **vai** litijs.

Tādējādi var apgalvot, ka kolbā **neatradās** rubīdijs vai cēzijs.

- ① Metāla reakcija ar sālsskābi:



Sālsskābes daudzums eksperimenta sākumā ir $30 \text{ mL} \times 5 \text{ mol L}^{-1} = 0,15 \text{ mol}$.

Kad HCl koncentrācija bija samazinājusies līdz 2 mol L^{-1} , šķīdumā bija palicis *apmēram* $30 \text{ mL} \times 2 \text{ mol L}^{-1} = 0,06 \text{ mol HCl}$.

Nav zināms *precīzs* šķīduma tilpums, jo reakcijas gaitā mainās tā sastāvs un *blīvums*.

Šķīdumā bija palikuši $0,06 \text{ mol HCl}$, bet sākotnēji bija $0,15 \text{ mol}$, tātad ar $0,09 \text{ mol HCl}$ **nepietiek**, lai pilnībā izreaģētu $0,5 \text{ g}$ metāla.

$$n(\text{Me}) > \frac{1}{x} n(\text{HCl})$$

$$\frac{0,5 \text{ g}}{A_r(\text{Me})} > \frac{1}{x} (0,09 \text{ mol})$$

$$A_r(\text{Me}) < 5,6 \cdot x \text{ g mol}^{-1}$$

Ja $x = 1$; $A_r(\text{Me}) < 5,6 \text{ g mol}^{-1}$.

Ja $x = 2$; $A_r(\text{Me}) < 11 \text{ g mol}^{-1}$. Uzdevuma nosacījumiem atbilst berilijs.

Ja $x = 3$; $A_r(\text{Me}) < 17 \text{ g mol}^{-1}$.

Atbilde: Uzdevuma nosacījumiem atbilst berilijs.

- ②

	Mn_xO_y	→	$\text{Mn}_x\text{O}_{y-n}$	+	$(0,5n)\text{O}_2$
Molmasa:	$54,93x + 16,00y$		$54,93x + 16,00(y - n)$		
Masa:	100 %		100 % – 12,27 %		
Daudzums:	1		1		

$$\frac{m(\text{Mn}_x\text{O}_y)}{M_r(\text{Mn}_x\text{O}_y)} = \frac{m(\text{Mn}_x\text{O}_{y-n})}{M_r(\text{Mn}_x\text{O}_{y-n})}$$

$$\frac{100\%}{54,93x + 16,00y} = \frac{87,73\%}{54,93x + 16,00(y - n)}$$

$$54,93x + 16,00(y - n) = 48,19x + 14,04y$$

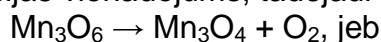
$$\mathbf{6,74x + 1,96y = 16,00n}$$

x , y un n var būt tikai naturāli skaitļi, tādējādi tos ir viegli atrast.

<i>n</i>	<i>x</i>	<i>y</i>
1	1	4,7
	2	1,3
	3	-2,2
2	1	12,9
	2	9,4
	3	6,0
	4	2,6
	5	-0,9
3	1	21,1
	2	17,6
	3	14,2
	4	10,7
	5	7,3
	6	3,9
	7	0,4

Redzams, ka vienīgais atrisinājums (naturālos skaitļos) ir $n = 2$, $x = 3$, $y = 6$.

Reakcijas vienādojums, tādējādi ir:



$$\textcircled{3} \quad n(^{238}\text{U}) = \frac{3,0 \text{ g}}{238 \text{ g mol}^{-1}} = 0,013 \text{ mol}$$

$$n(^{226}\text{Ra}) = \frac{t_{\frac{1}{2}}(^{226}\text{Ra})}{t_{\frac{1}{2}}(^{238}\text{U})} n(^{238}\text{U})$$

$$n(^{226}\text{Ra}) = \frac{1,6 \times 10^3}{4,5 \times 10^9} 0,013 \text{ mol} = 4,6 \times 10^{-9} \text{ mol}$$

$$m(^{226}\text{Ra}) = 4,6 \times 10^{-9} \text{ mol} \cdot 226 \text{ g mol}^{-1} = \mathbf{1,0 \mu\text{g}}.$$

$\textcircled{4}$ Sākotnējo domu virzīsim divu principiāli atšķirīgu pieeju analīzē:

- 1) Bezkrāsainais šķidrums ir individuāls savienojums;
- 2) Bezkrāsainais šķidrums ir vairāku savienojumu maisījums.

1. situācijas analīze _____

Na, O un H satur NaOH. Nātrija hidroksīds satur 57,5 % Na.

Šis variants būtu jāuzskata par nepareizu, jo diez vai atradīsies *šķidri* savienojumi, kas satur tikai nātriju, skābekli un ūdeņradi.

2. situācijas analīze _____

Ja analizētais šķidrums ir vairāku savienojumu maisījums, tad varētu apskatīt sistēmu NaOH – H₂O.

Na, NaH, Na₂O vai Na₂O₂ kombinācijā ar H₂O vai H₂O₂ nevar eksistēt, jo šie nātrija savienojumi nav stabili pret ūdeni vai spēcīgu oksidētāju **un** reducētāju (H₂O₂).

Analizētais šķidrums varētu būt NaOH šķīdums ūdenī (H₂O).

100 g šķīduma satur 17,7 g Na. 17,7 g Na satur 30,8 g NaOH.

Pārbaude:

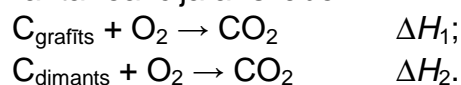
100 g šķīduma satur	30,8 g NaOH un 69,2 g H ₂ O
30,8 g NaOH satur	17,7 g Na
30,8 g NaOH satur	12,3 g O
30,8 g NaOH satur	0,8 g H
69,2 g H ₂ O satur	7,69 g H
69,2 g H ₂ O satur	61,5 g O

Kopā:	17,7 g Na
	73,8 g O
	8,5 g H

Tas atbilst uzdevuma nosacījumiem.

Atbilde: Analizētais šķidrums var būt 30,8 % NaOH šķīdums ūdenī.

5 Grafīta un dimanta reakcija ar skābekli:

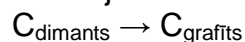


Ja dimanta gadījumā izdalās vairāk siltuma, tad $\Delta H_2 < \Delta H_1$.

$$\begin{aligned} \Delta H_1 &= \Delta H(\text{CO}_2) - \Delta H(\text{C}_{\text{grafīts}}) - \Delta H(\text{O}_2) \\ \Delta H_2 &= \Delta H(\text{CO}_2) - \Delta H(\text{C}_{\text{dimants}}) - \Delta H(\text{O}_2) \end{aligned}$$

$$\Delta H_2 - \Delta H_1 = -\Delta H(\text{C}_{\text{dimants}}) + \Delta H(\text{C}_{\text{grafīts}})$$

Ievērosim, ka reakcijas

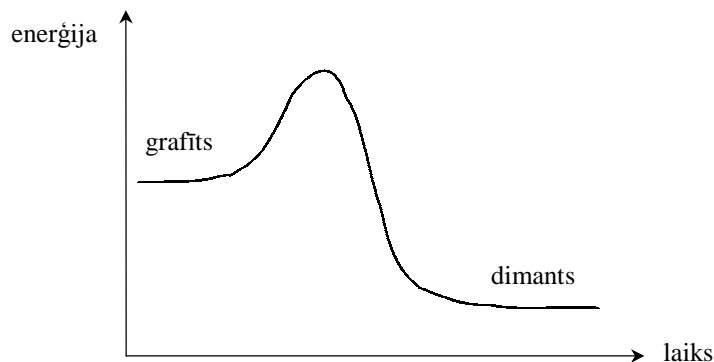


$$\Delta H = \Delta H(\text{C}_{\text{grafīts}}) - \Delta H(\text{C}_{\text{dimants}}) = \Delta H_2 - \Delta H_1.$$

Tā kā $\Delta H_2 < \Delta H_1$, tad $\Delta H < 0$.

Ja $\Delta H < 0$, tas nozīmē, ka reakcijas gaitā izdalās siltums un reakcija var notikt patvaļīgi (nav nepieciešams pievadīt enerģiju).

Tā tas arī ir, ka dimanti patvaļīgi var pārvērsties par grafītu, bet tam ir nepieciešams šo procesu uzsākt – ir nepieciešama *aktivācijas enerģija*.



Piezīme: Aktivācijas enerģiju vieglāk izprast, ja to salīdzina ar kalnu un bērnu ar ragavām. Lai varētu nobraukt no kalna ar ragavām, bērnam vispirms ir jāuzkāpj kalnā (ir jāpārvar barjera – aktivācijas enerģija). Ja viņš to nespēj – braukšana ar ragavām nenotiek.

6. Ieviešam šādus apzīmējumus:

m_1, V_1, ρ_1 – šķīduma masa, tilpums, blīvums ziemā;

m_2, V_2, ρ_2 – šķīduma masa, tilpums, blīvums pavasarī;

x – absorbētā ūdens masa.

$$m_1 = \rho_1 \cdot V_1$$

$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,96 \cdot m_1$$

$$m_2 = m_1 + x \tag{1}$$

$$w_2 = w_1 \cdot \frac{m_1}{m_1 + x} = w_1 \cdot \frac{m_1}{\rho_2 \cdot V_2} \tag{2}$$

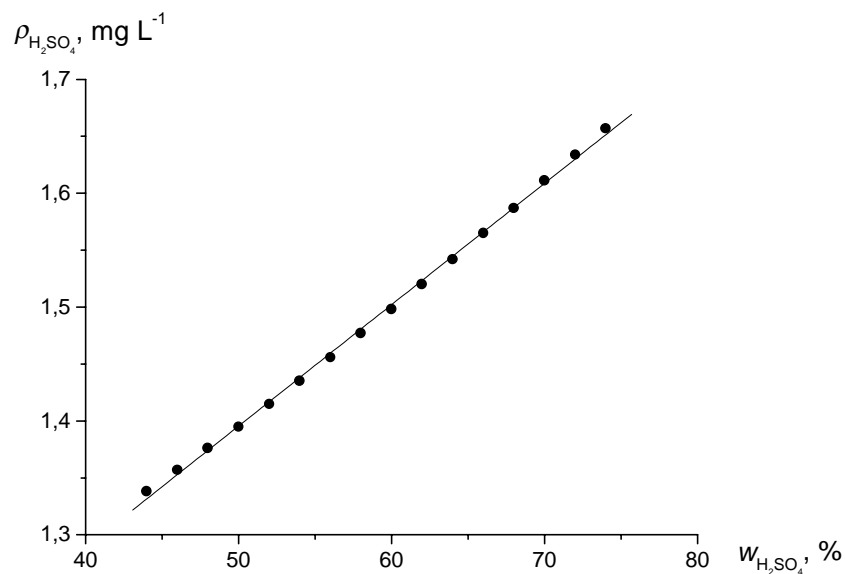
Ievērojot to, ka šķīduma blīvums ir atkarīgs no masas daļas, vispārīgā veidā blīvumu varam izteikt kā masas daļas funkciju:

$$\rho_1 = f(w_1),$$

$$\rho_2 = f(w_2).$$

Atradīsim šo funkciju $\rho = f(w)$.

Rokasgrāmatās var atrast sērskābes šķīdumu blīvumu atkarībā no tās masas daļas šķīdumā. Izmantojot šos datus varam konstruēt grafiku, kurā uz abscisas atlikta sērskābes masas daļa šķīdumā, bet uz ordinātas – šķīduma blīvums. Ja izveido šādu grafiku intervālā no $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0\% - 100\%$, viegli ievērot, ka masas daļu un šķīduma blīvumu nesaista lineāra sakarība, t.i. iegūtā sakarība nav taisne. Šī apstākļa neievērošana būtiski sarežģīt tālāko uzdevuma risināšanas gaitu, tādēļ, ievērosim, ka intervālā $w = 45\% - 75\%$ šķīduma blīvums ir lineāri atkarīgs no H_2SO_4 masas daļas.



Attēlā redzamās *taisnes* vienādojums ir $\rho_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,86 + 0,011 \cdot w_{\text{H}_2\text{SO}_4}$. Šajā vienādojumā $w \in [45 \% \dots 75 \%]$.

Zinot $\rho = f(w)$, varam atrisināt uzdevumu.

Pārrakstām (1) vienādojumu.

$$\begin{aligned} \rho_2 V_2 &= \rho_1 V_1 + x \\ f(w_2) \cdot V_2 &= f(w_1) \cdot V_1 + x \end{aligned}$$

$$x = f(w_2) \cdot V_2 - f(w_1) \cdot V_1 \quad (3)$$

Tabulās atrodam, ka $f(96 \%) = 1,83 \text{ g mL}^{-1}$ (atrasto vienādojumu nedrīkst izmantot, jo tas derīgs tikai intervālam 45 % – 75 %!).

Pārrakstām (2) vienādojumu.

$$w_2 \cdot f(w_2) = w_1 \cdot \frac{m_1}{V_2} = 0,96 \cdot \frac{1,83 \text{ g mL}^{-1} \times 100 \text{ mL}}{200 \text{ mL}} = 87,8$$

$$\mathbf{w_2 \cdot f(w_2) = 87,8.}$$

Tādējādi, varam rakstīt:

$$\begin{aligned} w_2 \cdot (0,86 + 0,011 \cdot w_2) &= 87,8; \\ 0,011 \cdot w_2^2 + 0,86 \cdot w_2 - 87,8 &= 0. \end{aligned}$$

Atrisinot šo kvadrātvienādojumu, iegūstam, ka

$$\mathbf{w_2 = 59 \%}.$$

$$f(w_2) = \frac{87,8}{59} = 1,49 \text{ g mL}^{-1}.$$

Izmantojot (3) vienādojumu, aprēķinām x :

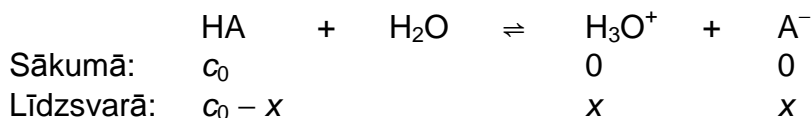
$$x = 1,49 \text{ g mL}^{-1} \times 200 \text{ mL} - 1,83 \text{ g mL}^{-1} \times 100 \text{ mL}$$

$$\mathbf{x = 115 \text{ g.}}$$

Atbilde: Sērskābe absorbēja 115 mL ūdens.

Piezīme: Šo uzdevumu var atrisināt, izmantojot to, ka sērskābes koncentrācija pēc ziemas ir samazinājusies divas reizes. Zinot H_2SO_4 koncentrāciju 96 % sērskābes šķīdumā (18 mol L^{-1}), var uzzināt H_2SO_4 koncentrāciju pēc ziemas (9 mol L^{-1}). Rokasgrāmatās atrod šai koncentrācijai atbilstošo šķīduma masas daļu (0,59) un blīvumu ($1,50 \text{ g mL}^{-1}$). Izmantojot šādu pieņēmumu iegūst, ka $\mathbf{x = 117 \text{ g}}$.

7 Apzīmējam neidentificēto skābi ar HA.



Līdzsvara nosacījumi:

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{x \cdot x}{c_0 - x}$$

Ja šķīduma pH = 3,38, tad $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3,38} = 4,17 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$.

$$x = 4,17 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$$

$$c_0 = 0,010 \text{ mol L}^{-1}$$

$$K_a = \frac{(4,17 \times 10^{-4})^2}{0,010 - 4,17 \times 10^{-4}} = 1,81 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$$

$$\text{p}K_a = -\log K_a = 4,74$$

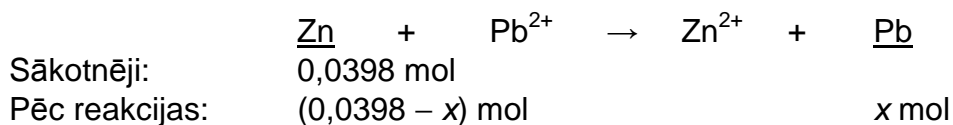
Rokasgrāmatā atrodam, ka etiķskābes $\text{p}K_a = 4,75$.

Atbilde: Eksperimenta rezultātiem atbilst etiķskābes īpašības.

Piezīme: Ja skolā pieejams pH metrs, šāda veida uzdevumu var veikt arī praktiski.

- 8 Sākotnēji starp Zn un Pb²⁺ noris šāds process:

$$n(\text{Zn}) = 2,60 \text{ g} \times (65,4 \text{ g mol}^{-1})^{-1} = 0,0398 \text{ mol}$$



Granulu masa pēc reakcijas:

$$m_1 = 65,4 \cdot (0,0398 - x) + 207,2 \cdot x = 5,14 \text{ g.}$$

$$2,60 + 141,8 \cdot x = 5,14$$
$$x = 0,0179 \text{ mol}$$

Granulu sastāvs pēc pirmās svēršanas:

Zn: 0,0398 – 0,0179 mol, jeb 1,43 g (27,8 %)
Pb: 0,0179 mol, jeb 3,71 g (72,2 %)

Ievietojot šīs granulas (Zn + Pb) E²⁺ saturošā šķīdumā, to masa samazinās. Tas norāda, ka Zn un Pb tiek aizvietots ar metālu (neaktīvāku), kura relatīvā atommasa ir mazāka kā cinkam. Tāds metāls ir **varš**.

Notiekot procesiem



Iegūst vara granulas (gadījumā, ja abu procesu iznākums ir 100 %). Vara granulu masai, tādējādi, jābūt

$$m_2 = 2,60 \text{ g} \times \frac{65,37 \text{ g mol}^{-1}}{63,54 \text{ g mol}^{-1}} = 2,53 \text{ g.}$$

Tas saskan ar eksperimentāli iegūtajiem rezultātiem.

Atbilde:

Granulu sastāvs pēc pirmās svēršanas: 27,8 % Zn un 72,2 % Pb.

Granulu sastāvs pēc otrās svēršanas: 100 % Cu.

9
$$\Delta T = i \cdot k \cdot \frac{n}{m(\text{H}_2\text{O})}$$

$$n = \Delta T \cdot m(\text{H}_2\text{O}) \cdot \frac{1}{ik}$$

Šajos vienādojumos *i* ir elektrolīta izotoniskais koeficients. Tas rāda, cikārt palielinās daļiņu skaits, vielai izšķīstot ūdenī.

$$m(\text{H}_2\text{O})_A = 100 - 4,35 = 95,5 \text{ g}$$

$$n(A) \cdot i_A = 0,057 \text{ mol}$$

$$m(\text{H}_2\text{O})_B = 100 - 2,51 = 97,5 \text{ g}$$

$$n(B) \cdot i_B = 0,057 \text{ mol}$$

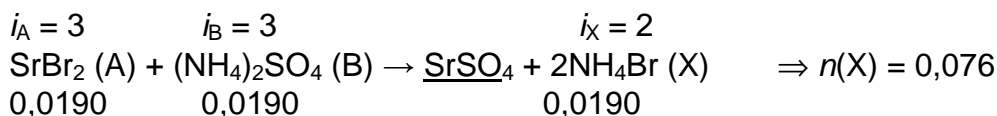
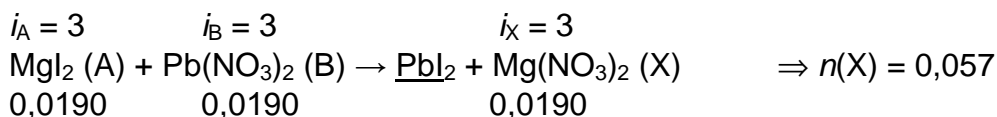
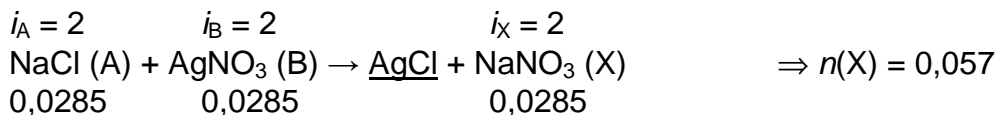
Ūdens masa šķīdumā pēc reakcijas (pieņemot, ka ūdens nerodas reakcijas gaitā),

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 95,5 + 97,5 = 193,0 \text{ g}$$

$$n(X) \cdot i_X = 0,076 \text{ mol}$$

legūtā šķīduma (kas satur tikai vielu X) viršanas temperatūra ir 100,0 °C. Tas nozīmē, ka 100 °C temperatūrā viela X jau ir pilnībā izdalījusies no šķīduma, un šķīdums ir tīrs ūdens. Tā tas var notikt tikai tad, ja vielas A un B izreaģē savā starpā pilnībā (vai arī vielas A un B ir gaistošas). Vielas X katjons var būt H^+ vai NH_4^+ .

Apskatīsim dažādus variantus.



Šeit redzams, ka uzdevuma nosacījumiem atbilst gadījums, kad vielas A un B šķīdumā disociē par *trīs* daļiņām, savukārt, ūdenī šķīstošais reakcijas produkts (X) – par divām. Tas iespējams tikai tad, ja vielas X katjona lādiņš ir +1.

Aplūkojam 3. variantu (A veidota no divvērtīga katjona un vienvērtīga anjona)

$$m(A) = 4,35 \text{ g}$$

$$n(A) = 0,0190 \text{ g}$$

$$m(B) = 2,51 \text{ g}$$

$$n(B) = 0,0190 \text{ g}$$

$$M_r(A) = 229 \text{ g mol}^{-1}$$

$$M_r(B) = 132 \text{ g mol}^{-1}$$

Izgulsnētā savienojuma molmasa, $M_r(Y) = 4,436/0,0190 = 233 \text{ g mol}^{-1}$

$$\text{Vielai A: } A_r(\text{A}^+) + 2 \cdot A_r(\text{A}^-) = 229$$

$$\text{Vielai B: } 2 \cdot A_r(\text{B}^+) + A_r(\text{B}^-) = 132$$

$$\text{Vielai Y: } A_r(\text{A}^+) + A_r(\text{B}^-) = 233$$

Zināms, ka $A_r(\text{B}^+) = 1 \text{ g mol}^{-1} (\text{H}^+)$ vai $18 \text{ g mol}^{-1} (\text{NH}_4^+)$.

Apskatām abus iespējamos gadījumus.

$$A_r(B^+) = 1 \text{ g mol}^{-1}$$

$$A_r(A^+) + 2 \cdot A_r(A^-) = 229$$

$$2 \cdot 1 + A_r(B^-) = 132$$

$$A_r(A^+) + A_r(B^-) = 233$$

$$A_r(B^-) = 130 \text{ g mol}^{-1}$$

$$A_r(A^+) = 103 \text{ g mol}^{-1}$$

$$A_r(A^-) = 63 \text{ g mol}^{-1}$$

Atbilstoša A^+ nav.

$$A_r(B^+) = 18 \text{ g mol}^{-1}$$

$$A_r(A^+) + 2 \cdot A_r(A^-) = 229$$

$$2 \cdot 18 + A_r(B^-) = 132$$

$$A_r(A^+) + A_r(B^-) = 233$$

$$A_r(B^-) = 96 \text{ g mol}^{-1}$$

$$A_r(A^+) = 137 \text{ g mol}^{-1}$$

$$A_r(A^-) = 46 \text{ g mol}^{-1}$$

A^+ atbilst Ba^{2+}

B^- atbilst SO_4^{2-}

A^- atbilst NO_2^-

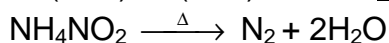
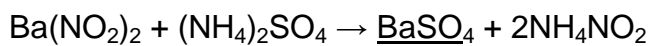
Viela A: $Ba(NO_2)_2$

Viela B: $(NH_4)_2SO_4$

Viela Y: $BaSO_4$

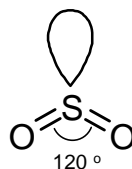
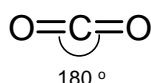
Viela X: NH_4NO_2

Secinājums:



-
- 10
- | | |
|---|------------|
| A | N_2 |
| B | NH_3 |
| C | NO |
| D | NO_2 |
| E | HNO_3 |
| F | NH_4NO_3 |
| G | N_2O |

- 1 Oglekļa atomam ārējā enerģijas līmenī ir četri elektroni (kā jau 4. grupas elementam), un visi šie elektroni ir iesaistīti C–O saišu veidošanā. Sēram, savukārt, ārējā enerģijas līmenī ir seši elektroni, no kuriem tikai četri iesaistīti S–O saišu veidošanā. Teiktais ļauj secināt, ka SO₂ molekulā sēra atomam ir nedalīts elektronu pāris, kas, protams, aizņem telpu.



- 2 Apzīmējam elementa atoma rādiusu ar r . Vienā šādā elementāršūnā ietilpst 4 elementa atomi (astoņi atomi, katrs ar 1/8 daļu ietilpst kubā, un seši atomi, katrs ar 1/2 daļu ietilpst tajā) Kuba augstumu (garumu un platumu) apzīmējam ar d .

Elementa blīvums tādējādi ir

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{4m_x}{d^3} = \frac{4}{d^3} \cdot \frac{A_r(X)}{N_A}$$

$$A_r(X) = \frac{1}{4} \rho N_A d^3$$

Attēlotajā skicē redzams, ka lielumu d (starpplakņu attālums) var aprēķināt, zinot elementa atomu rādiusu (r), izmantojot *Pitagora teorēmu*.

$$d^2 = (2r)^2 + (2r)^2$$

$$d^2 = 8r^2$$

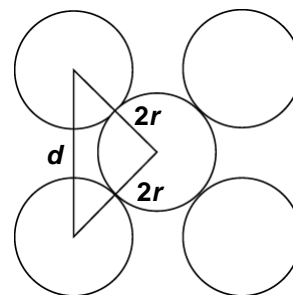
$$d = r \cdot \sqrt{8}$$

$$A_r(X) = \frac{(\sqrt{8})^3}{4} \rho N_A r^3$$

$$A_r(X) = 2\sqrt{8} \rho N_A r^3$$

$$A_r(X) = 5,657 \cdot 19,32 \text{ g cm}^{-3} \cdot 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \cdot (144,1 \times 10^{-10})^3 \text{ cm}^3$$

$$A_r(X) = 196,9 \text{ g mol}^{-1}$$



Elements X, tātad, ir zelts [$A_r(\text{Au}) = 197,0 \text{ g mol}^{-1}$].

- 3 Pirmās kārtas reakcijā reakcijas ātrums (koncentrācijas izmaiņa laika vienībā) ir tieši proporcionāls komponenta koncentrācijai:

$$\frac{dc_A}{dt} = -k_1 \cdot c_A$$

$$\frac{dc_A}{c_A} = -k_1 \cdot dt.$$

Mīnusa zīme šeit norāda uz to, ka vielas **A** koncentrācija laika gaitā samazinās.

Aprēķināsim laiku, kādā sadalās puse no vielas **A** (t_A).

Šajā laikā $c_A = 0,5 \cdot c_{0,A}$.

$$\int_{c_{0,A}}^{\frac{1}{2}c_{0,A}} \frac{dc_A}{c_A} = -k_1 \cdot \int_0^{t_A} dt$$

$$\ln \frac{1}{2} c_A - \ln c_A = -k_1 \cdot t_A$$

$$-\ln \frac{1}{2} = k_1 \cdot t_A$$

$$t_A = \frac{\ln 2}{k_1}$$

Saskaņā ar uzdevuma nosacījumiem, $t = t_A$.

$$\frac{1}{k_2 - k_1} \ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{\ln 2}{k_1}$$

$$\ln \frac{k_2}{k_1} = \ln 2 \cdot \frac{k_2 - k_1}{k_1}$$

Attiecību k_2/k_1 apzīmējam ar α .

$$\ln \alpha = \ln 2 \cdot (\alpha - 1)$$

$$\frac{1}{\alpha - 1} \ln \alpha = \ln 2$$

$$\ln \alpha^{\frac{1}{\alpha-1}} = \ln 2$$

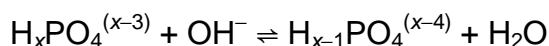
$$\alpha^{\frac{1}{\alpha-1}} = 2^1$$

$$\begin{cases} \alpha = 2 \\ \frac{1}{\alpha - 1} = 1 \end{cases} \Rightarrow \alpha = 2$$

Atbilde: $k_2/k_1 = 2$

Piezīme: Lai atrisinātu šo uzdevumu, nepieciešams zināt lietas, ko daudzās vidusskolās nemaz nemāca. Nav domāts, ka skolēns šo uzdevumu šādā veidā atrisinātu patstāvīgi. Šeit ir paredzēts, ka skolotājs talantīgākos audzēkņus iepazīstina ar risinājumā izmantotajiem jēdzieniem, to būtību (pirmās kārtas reakcija; ātruma konstante; pussadalīšanās laika aprēķināšana, zinot reakcijas ātruma konstanti).

4



$$\Delta H_{reakcijas} = \Delta H(H_2O) + \Delta H(H_{x-1}PO_4^{(x-4)}) - \Delta H(OH^-) - \Delta H(H_xPO_4^{(x-3)})$$

$$\text{Ja } x = 1, \Delta H_{x=1} = \Delta H(H_2O) + \Delta H(PO_4^{3-}) - \Delta H(OH^-) - \Delta H(HPO_4^{2-})$$

$$\text{Ja } x = 2, \Delta H_{x=2} = \Delta H(H_2O) + \Delta H(HPO_4^{2-}) - \Delta H(OH^-) - \Delta H(H_2PO_4^-)$$

$$\text{Ja } x = 3, \Delta H_{x=3} = \Delta H(H_2O) + \Delta H(H_2PO_4^-) - \Delta H(OH^-) - \Delta H(H_3PO_4)$$

Ievietojot šajās izteiksmēs skaitliskās vērtības, iegūstam

$$\begin{aligned}\Delta H_{x=1} &= -41,0 \text{ kJ mol}^{-1}; \\ \Delta H_{x=2} &= -52,0 \text{ kJ mol}^{-1}; \\ \Delta H_{x=3} &= -77,0 \text{ kJ mol}^{-1}.\end{aligned}$$

$$\Delta S_{\text{reakcijas}} = \Delta S(\text{H}_2\text{O}) + \Delta S(\text{H}_{x-1}\text{PO}_4^{(x-4)}) - \Delta S(\text{OH}^-) - \Delta S(\text{H}_x\text{PO}_4^{(x-3)})$$

$$\text{Ja } x = 1, \Delta S_{x=1} = \Delta S(\text{H}_2\text{O}) + \Delta S(\text{PO}_4^{3-}) - \Delta S(\text{OH}^-) - \Delta S(\text{HPO}_4^{2-})$$

$$\text{Ja } x = 2, \Delta S_{x=2} = \Delta S(\text{H}_2\text{O}) + \Delta S(\text{HPO}_4^{2-}) - \Delta S(\text{OH}^-) - \Delta S(\text{H}_2\text{PO}_4^-)$$

$$\text{Ja } x = 3, \Delta S_{x=3} = \Delta S(\text{H}_2\text{O}) + \Delta S(\text{H}_2\text{PO}_4^-) - \Delta S(\text{OH}^-) - \Delta S(\text{H}_3\text{PO}_4)$$

Ievietojot šajās izteiksmēs skaitliskās vērtības, iegūstam

$$\begin{aligned}\Delta S_{x=1} &= -0,106 \text{ kJ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}; \\ \Delta S_{x=2} &= -0,043 \text{ kJ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}; \\ \Delta S_{x=3} &= -0,030 \text{ kJ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}.\end{aligned}$$

Izmantojot otro termodinamikas likumu $\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$, aprēķinām Gibbsa enerģiju ΔG atkarībā no x .

$$\Delta G_{\text{reakcijas}} = \Delta H_{\text{reakcijas}} - (298 \text{ K}) \cdot \Delta S_{\text{reakcijas}}$$

$$\Delta G_{x=1} = \Delta H_{x=1} - 298 \cdot \Delta S_{x=1} = -9,47 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta G_{x=2} = \Delta H_{x=2} - 298 \cdot \Delta S_{x=2} = -39,1 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta G_{x=3} = \Delta H_{x=3} - 298 \cdot \Delta S_{x=3} = -68,1 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Zinot reakcijas ΔG , var aprēķināt tās līdzsvara konstanti K :

$$-\Delta G_x = RT \cdot \ln K_x$$

$$x = 1: -9,47 \times 10^3 \text{ J mol}^{-1} = -8,315 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 298 \text{ K} \times \ln K_{x=1}$$

$$\ln K_{x=1} = 3,82$$

$$K_{x=1} = 45,7$$

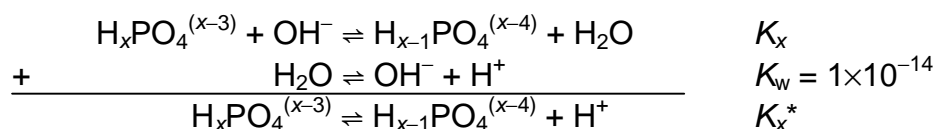
Līdzīgi atrod, ka

$$\ln K_{x=2} = 15,8$$

$$K_{x=2} = 7,21 \times 10^6$$

$$\ln K_{x=3} = 27,5$$

$$K_{x=3} = 8,6 \times 10^{11}$$



Viegli pārlicināties, ka $K_x^* = K_w \cdot K_x$

Tādējādi

$$K_1^* = 1 \times 10^{-14} \cdot 45,7 = 4,6 \times 10^{-13};$$

$$K_2^* = 1 \times 10^{-14} \cdot 7,21 \times 10^6 = 7,2 \times 10^{-8};$$

$$K_3^* = 1 \times 10^{-14} \cdot 8,6 \times 10^{11} = 8,6 \times 10^{-3}.$$

K_1^* ir līdzsvara konstante reakcijai $\text{HPO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{PO}_4^{3-} + \text{H}^+$.

Tā ir fosforskābes pēdējās disociācijas pakāpes konstante $K_{a,3}$.

$$K_1^* = K_{a,3}$$

$$K_2^* = K_{a,2}$$

$$K_3^* = K_{a,1}$$

$$pK_{a,1} = -\log(4,6 \times 10^{-13}) = \mathbf{12,3}$$

$$pK_{a,2} = -\log(7,2 \times 10^{-6}) = \mathbf{7,1}$$

$$pK_{a,3} = -\log(8,6 \times 10^{-3}) = \mathbf{2,1}$$

Rokasgrāmatās atrodam, ka

$$pK_{a,1}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 12,3;$$

$$pK_{a,2}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 7,2;$$

$$pK_{a,3}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 2,1.$$

Piezīme: Risinājumā ir pieņemts, ka skolēns zina, ka ūdens jonu reizinājums ir 1×10^{-14} . Taču to viegli var aprēķināt, zinot to, ka ūdens $\text{pH} = 7,0$.

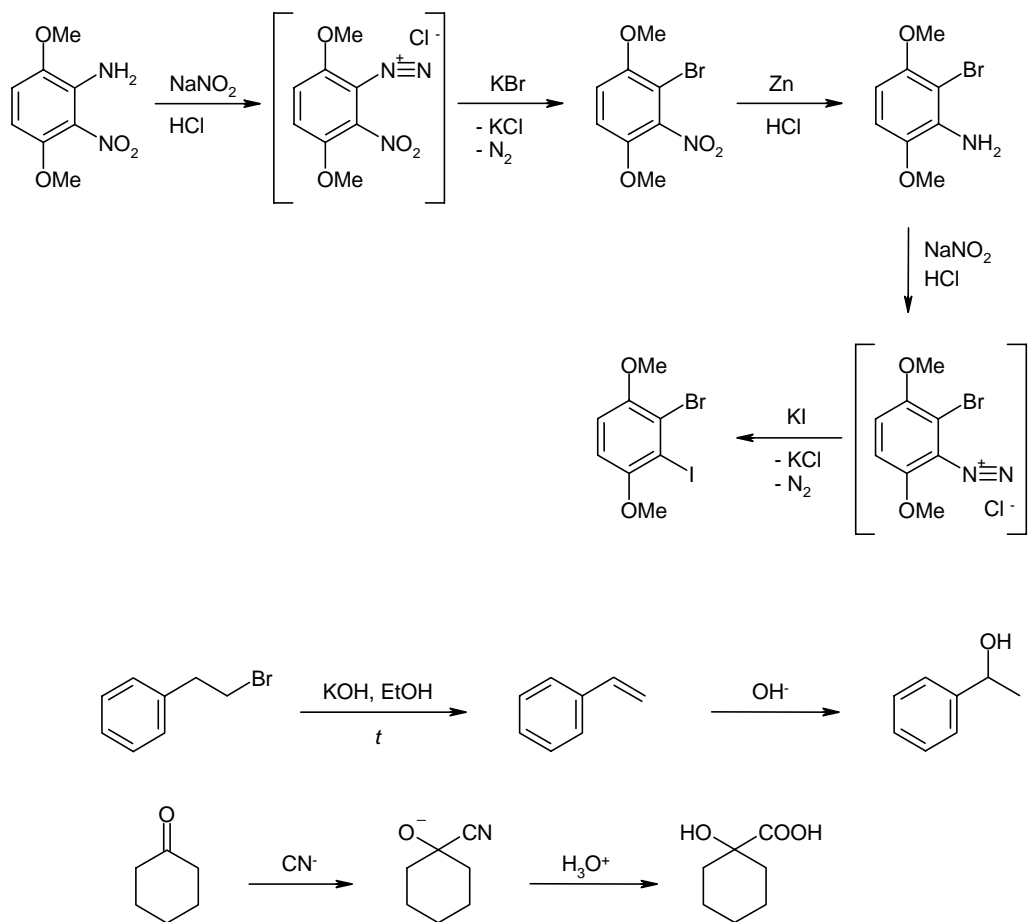
Kopumā uzdevums vērtējams kā grūts, jo tajā ir vairāki āķīgi momenti. Ar šāda tipa apjomīgiem aprēķiniem Valsts olimpiāžu laureātiem, gatavojoties tālākajām olimpiādēm, jāstopas vai ik katrā uzdevumā.

-
- 5 Gāze **E** reaģē ar metālu. Tas ļauj secināt, ka **E** ir oksidētājs. Gāzes, kas reaģē ar metāliem, veidojot tikai vienu produktu ir fluors, hlors, skābeklis. **H**_(aq) norāda uz to, ka savienojums **H** šķīst ūdenī. Tas ļauj secināt, ka gāze **E** nav skābeklis, jo oksīdi ir ūdenī nešķīstoši. Vairums fluorīdu un hlorīdu, kas veidojas metāliem reaģējot ar F_2 vai Cl_2 , ir ūdenī šķīstoši. Pieņemsim, ka gāze **E** ir F_2 vai Cl_2 . Gāze **E** reaģē ar gāzi **D**, veidojot ūdenī šķīstošu gāzi **A**. Gāze **D** var būt ūdeņradis, kas ar F_2 (Cl_2) veido ūdenī šķīstošo HF (HCl). Tas labi saskan ar reakciju $\mathbf{A}_{(aq)} + \mathbf{B}_{(s)} \rightarrow \mathbf{C}_{(aq)} + \mathbf{D}_{(g)}$ – fluorūdeņražskābe (sālsskābe) reaģē ar cietu vielu, izdalot ūdeņradi. Šī cietā viela tādējādi ir reducētājs. Tādi reducētāji ir metāli.

A	HCl
B	Fe
C	FeCl_2
D	H_2
E	Cl_2
F	FeCl_3
G	Cu
H	CuCl_2

Fluors nevar būt gāze **E**, jo FeF_3 ir ūdenī nešķīstošs. Dzelzs vietā var būt arī kobalts.

6



- 7
- A *n*-propilpropanoāts (propānskābes propilesteris), $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
 - B propān-1-ols, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$
 - C propānskābe, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$
 - D propēns, $\text{CH}_2=\text{CH}=\text{CH}_2$
 - E propāns, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$

- 8 NaOH šķīduma standartizācija:
 $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{O}.$

$$c(\text{NaOH}) = \frac{n_{\text{NaOH}}}{V_{\text{NaOH}}} = \frac{2c_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} \cdot V_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4}}{V_{\text{NaOH}}}$$

$$c(\text{NaOH}) = \frac{2 \cdot 0,050 \cdot 65,75}{50,00} = 0,1315 \text{ mol L}^{-1}$$

Pieņemot, ka dotā skābes molekula satur *n* (–COOH) grupas, varam rakstīt, ka tās molmasa

$$M_r(X) = \frac{m_X}{n_X} = \frac{m_X}{\frac{1}{n} c_{\text{NaOH}} V_{\text{NaOH}}} = \frac{0,56 \text{ g}}{\frac{1}{n} 0,1315 \text{ M} \cdot 55,05 \times 10^{-3}} = 62,99n \text{ mol L}^{-1}.$$

Jāatzīmē, ka iegūtais rezultāts ir eksperimenta vidējā vērtība.

Noskaidrosim, kāda ir šī rezultāta *nenoteiktība* (ticamība, kļūda).

Maksimāli liels rezultāts būs tad, ja šķīdumu tilpumi maksimāli atšķirsies no to vidējām vērtībām. Aprēķinām $c(\text{NaOH})$ šajos robežgadījumos:

$$c(\text{NaOH})_{\text{maks.}} = \frac{2 \cdot 0,050 \cdot (65,75 + 0,05)}{(50,00 - 0,01)} = 0,1316 \text{ mol L}^{-1};$$

$$c(\text{NaOH})_{\text{min.}} = \frac{2 \cdot 0,050 \cdot (65,75 - 0,05)}{(50,00 + 0,01)} = 0,1314 \text{ mol L}^{-1};$$

$$\Delta c = \frac{c(\text{NaOH})_{\text{maks.}} - c(\text{NaOH})_{\text{min.}}}{2} = 0,0001 \text{ mol L}^{-1}.$$

Līdzīgi var aprēķināt arī dotās skābes molmasu šajos robežgadījumos:

$$M_r(X)_{\text{maks.}} = \frac{(0,456 + 0,001)}{\frac{1}{n}(0,1315 - 0,0001)(55,05 - 0,05) \cdot 10^{-3}} = 63,24n \text{ g mol}^{-1};$$

$$M_r(X)_{\text{min.}} = \frac{(0,456 - 0,001)}{\frac{1}{n}(0,1315 + 0,0001)(55,05 + 0,05) \cdot 10^{-3}} = 62,75n \text{ g mol}^{-1};$$

$$\Delta M_X = \frac{M_{X, \text{maks.}} - M_{X, \text{min.}}}{2} = 0,25n \text{ g mol}^{-1}.$$

Tātad, esam noskaidrojuši, ka eksperimentāli noteiktā skābes (X) molmasa ir

$$M_r(X) = (63,0 \pm 0,3) \cdot n \text{ g mol}^{-1}.$$

Jāpievērš uzmanība tam, ka skābe dota kristāliskā veidā, tātad tā var būt arī kristālhidrāts.

$$n = 1 \quad \begin{array}{l} M_r(X) = 63,0 \pm 0,3 \text{ g mol}^{-1}. \\ \text{CH}_3\text{COOH} - 60,1 \text{ g mol}^{-1} \\ \text{HCOOH} \cdot \text{H}_2\text{O} - 64,1 \text{ g mol}^{-1} \end{array}$$

Šis gadījums neatbilst nosacījumiem arī tādēļ, ka abas skābes istabas temperatūrā nav kristāliskas.

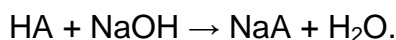
$$n = 2 \quad \begin{array}{l} M_r(X) = 126,0 \pm 0,6 \text{ g mol}^{-1}. \\ \text{HOOC-CH}_2\text{CH}_2\text{-COOH} - 118,1 \text{ g mol}^{-1} \\ \text{HOOC-CH}_2\text{-COOH} \cdot \text{H}_2\text{O} - 122,1 \text{ g mol}^{-1} \\ \text{HOOC-COOH} \cdot 2\text{H}_2\text{O} - 126,1 \text{ g mol}^{-1} \end{array}$$

Vēl var apskatīt arī attiecīgās trikarbonskābes, bet par to eksistenci ir maz zināms.

Atbilde: Dotās skābes molmasa ir $126,0 \pm 0,6 \text{ g mol}^{-1}$ un tas atbilst skābeņskābes dihidrātam, $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Piezīme: Šo uzdevumu skolā var veikt arī praktiski. Par analizējamo skābi var izmantot arī sviestskābi, pienskābi un citas organiskās skābes.

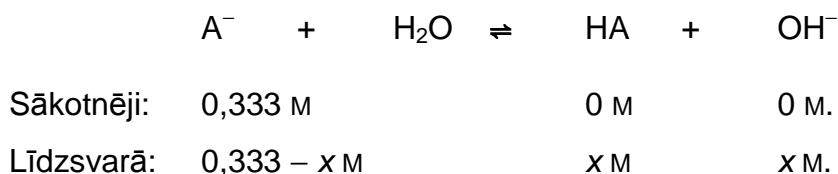
- ⑨ 3–Hlorbutānskābi apzīmējam ar HA. Pievienojot HA šķīdumam **40 mL** NaOH šķīduma (stehiometrisks daudzums), šķīdumā atradīsies NaA:



$$c(\text{NaA}) = 1,00 \text{ mol L}^{-1} \times \frac{20 \text{ mL}}{60 \text{ mL}} = 0,333 \text{ mol L}^{-1}.$$

Kāds ir 0,333 mol L⁻¹ NaA šķīduma pH?

NaA šķīdumā pastāv līdzsvars starp A⁻ un HA:



HA disociācijas līdzsvara konstante:

$$K_a = \frac{[\text{A}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]}$$
$$K_w = [\text{OH}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]$$

Apvienojot šos vienādojumus ($K_w = 1 \times 10^{-14}$), iegūstam, ka

$$10^{-4,05} = \frac{0,333 - x}{x \cdot x} \cdot 1 \times 10^{-14}.$$

No šī vienādojuma var iegūt, ka

$$x = c(\text{OH}^-) = 6,11 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}.$$

$$\text{pOH} = 14 - \text{pH} = 5,21$$

$$\text{pH} = 8,79$$

Tātad, stehiometriskajā punktā šķīduma pH = 8,79.

Piezīme: No tā var secināt, ka titrējot 3–hlorbutānskābi ar NaOH, par indikatoru jāizvēlas indikators, kas maina savu krāsu, kad šķīduma pH ≈ 8,8. Šim nolūkam der, piemēram, fenolftaleīns.

Uzdevumu var izvērst, piedāvājot skolēnam pašam atrisināt šādu uzdevumu, piemēram, etiķskābei. Izmantojot iegūto rezultātu skolēns patstāvīgi var mēģināt izvēlēties etiķskābes titrēšanai vispiemērotāko indikatoru, un skolas laboratorijā veikt praktisku etiķskābes satura noteikšanu, piemēram, galda etiķī.

- ⑩* Disociācijas procesu atbilstošās līdzsvara konstantes K_1 un K_2 izsakāmas sekojošā veidā:

$$K_{a,1} = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \quad K_{a,2} = \frac{[\text{CO}_3^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCO}_3^-]}$$

To skaitliskās vērtības:

$$K_{a,1} = 4,45 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1} \quad \text{p}K_{a,1} = 6,35;$$

$$K_{a,2} = 4,69 \times 10^{-11} \text{ mol L}^{-1} \quad \text{p}K_{a,2} = 10,33.$$

$$[\text{H}_2\text{CO}_3] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}] = \text{const} \quad (\text{daudzuma nezūdamības likums})$$

Šo konstanti var izraudzīties patvalīgi, tādēļ pieņemsim, ka tā ir 1.

$$\frac{[\text{HCO}_3^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{K_{a,1}} + [\text{HCO}_3^-] + K_{a,2} \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = 1$$

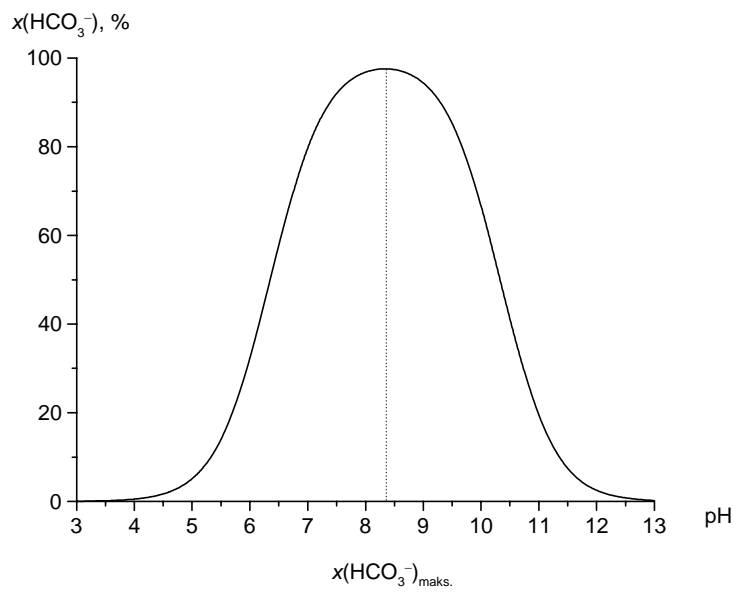
$$[\text{HCO}_3^-] \left(\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{K_{a,1}} + 1 + \frac{K_{a,2}}{[\text{H}_3\text{O}^+]} \right) = 1$$

$$[\text{HCO}_3^-] = \frac{1}{\left(\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{K_{a,1}} + 1 + \frac{K_{a,2}}{[\text{H}_3\text{O}^+]} \right)}$$

Varam aprēķināt HCO_3^- koncentrācijas skaitliskās vērtības atkarībā no šķīduma pH.

1. tabula
 HCO_3^- daudzums atkarībā no šķīduma pH.

pH	HCO_3^-	pH	HCO_3^-
3.00	0.000	8.50	0.979
3.50	0.001	9.00	0.953
4.00	0.004	9.50	0.870
4.50	0.014	10.0	0.681
5.00	0.043	10.5	0.403
5.50	0.123	11.0	0.176
6.00	0.308	11.5	0.063
6.50	0.585	12.0	0.021
7.00	0.816	12.5	0.007
7.50	0.932	13.0	0.002
8.00	0.974		



Redzams, ka maksimālā HCO_3^- daudzums ir tad, ja šķīduma $\text{pH} = 8,34$. Viegli ievērot, ka maksimālajai HCO_3^- daudzumam atbilstošais

$$\text{pH} = \frac{1}{2} (\text{p}K_{a,1} + \text{p}K_{a,2}).$$

IUPAC REKOMENDĒTIE APZĪMĒJUMI

<i>a</i>	aktivitāte	<i>l</i>	garums
a	atto, SI prefikss	l	litrs, tilpuma mērvienība
a	gads, laika mērvienība	<i>L</i>	Avogadro konstante
atm	atmosfēra, spiediena mērvienība	<i>L</i>	garums
aq	ūdens šķīdums	L	litrs, tilpuma mērvienība
<i>A</i>	absorbcija	<i>m</i>	masa
<i>A</i>	radioaktīvā aktivitāte	<i>m</i>	molalitāte
<i>A</i>	laukums	<i>m</i>	reakcijas kārtā
<i>A</i>	masas skaitlis	<i>m_e</i>	elektrona miera masa
<i>A_r</i>	relatīvā atommasa	<i>m_n</i>	neitrona miera masa
<i>A</i>	ampērs, SI mērvienība	<i>m_p</i>	protona miera masa
<i>b</i>	molalitāte	<i>m_u</i>	atoma masas vienība
<i>c</i>	daudzuma koncentrācija	m	metrs, SI mērvienība
<i>c</i>	ātrums	m	mili, SI prefikss
<i>c₀</i>	gaismas ātrums vakuumā	min	minūte, laika mērvienība
<i>c</i>	centi, SI prefikss	mmHg	dzīvsudraba milimetri, spiediena mērvienība
°C	Celsija grāds, SI mērvienība	mol	mols, SI mērvienība
<i>d</i>	relatīvais blīvums	<i>M</i>	molārā masa (mola masa)
d	diena, laika mērvienība	<i>M_r</i>	relatīvā molmasa
d	deci, SI prefikss	<i>M</i>	mega, SI prefikss
da	deka, SI prefikss	<i>M</i>	molārs, koncentrācijas mērvienība
Da	daltons, masas mērvienība	<i>n</i>	vielas daudzums
<i>e</i>	elementārļādiņš	<i>n</i>	reakcijas kārtā
e	naturāllogaritma bāze	<i>n</i>	refrakcijas indekss
e	elektrons	n	nano, SI prefikss
eV	elektronvolts, enerģijas mērvienība	n	neitrons
<i>E</i>	elektrodzinējspēks	<i>N</i>	elementārojektu skaits
<i>E</i>	enerģija	<i>N_A</i>	Avogadro konstante
<i>E</i>	eksa, SI prefikss	<i>p</i>	spiediens
<i>f</i>	femto, SI prefikss	p	piko, SI prefikss
<i>F</i>	Faradeja konstante	p	protons
<i>g</i>	grams, masas mērvienība	pH	pH
<i>G</i>	Gibsa enerģija	ppm	miljonā daļa
<i>G</i>	svars	<i>P</i>	spiediens
<i>G</i>	Giga, SI prefikss	<i>P</i>	varbūtība
<i>h</i>	augstums	<i>P</i>	svars
<i>h</i>	Planka konstante	P	peta, SI prefikss
h	hekto, SI prefikss	Pa	paskāls, SI mērvienība
h	stunda, laika mērvienība	<i>q</i>	siltums
<i>H</i>	entalpija	<i>Q</i>	siltums
<i>I</i>	strāvas stiprums	<i>r</i>	rādiuss
<i>k</i>	Bolmana konstante	<i>r</i>	koncentrācijas izmaiņas ātrums
<i>k_H</i>	Henri likuma konstante	<i>R</i>	gāzu konstante
k	kilo, SI prefikss	<i>s</i>	šķīdība
kg	kilograms, SI mērvienība	<i>s</i>	sekunde, SI mērvienība
<i>K</i>	līdzsvara konstante	<i>S</i>	laukums
<i>K</i>	kinētiskā enerģija	<i>S</i>	entropija
K	kelvins, SI mērvienība	<i>S</i>	sīmenss, SI mērvienība

PIELIKUMS

t	Celsija temperatūra	δ	biezums
t	laiks	δ	bezgalīgi maza izmaiņa
$t_{\frac{1}{2}}$	puslaiks	Δ	galīga izmaiņa
T	tonna, masas mērvienība	ε	molārās absorbcijas koeficients
T	kinētiskā enerģija	η	viskozitāte
T	periods, laika intervāla raksturlielums	θ	temperatūra
T	termodinamiskā temperatūra	Θ	temperatūra
T	caurladība	κ	elektriskā vadītspēja
$T_{\frac{1}{2}}$	puslaiks	λ	viļņu garums
T	tera, SI prefikss	μ	mikro, SI prefikss
u	ātrums	ν	frekvence
u	atoma masas vienība	Π	osmotiskais spiediens
U	iekšējā enerģija	ρ	blīvums
v	reakcijas ātrums	ρ	masas koncentrācija
v	ātrums	σ	virsmas spraigums
V	potenciālā enerģija	τ	caurladība
V	tilpums	ϕ	tilpuma daļa
V	volts, SI mērvienība	χ	elektronegativitāte
w	masas daļa	<i>Speciālie simboli</i>	
w	ātrums		
w	darbs		
W	svars		
W	darbs		
x	daudzumdaļa	%	procents
y	daudzumdaļa (gāzēm)	‰	promile
y	jokto, SI prefikss	=	vienāds ar
Y	jotta, SI prefikss	≠	nav vienāds ar
z	lādiņu skaits	≈	aptuveni vienāds ar
z	zepto, SI prefikss	≡	identiski vienāds ar
Z	protonu skaits, elementa kārtas skaitlis	≈	asimptotiski vienāds ar
Z	zetta, SI prefikss	≧	atbilst
α	reakcijas pakāpe	∞, \sim	proporcionāls
α	alfa daļiņa	→	tiecas uz
β	beta daļiņa	∞	bezgalība
γ	aktivitātes koeficients	≫	daudzkārt lielāks par
γ	elektriskā vadītspēja	≪	daudzkārt mazāks par
γ	masas koncentrācija		
γ	fotons		

