Uzdevumu komplekts ķīmiskajā termodinamikā, ķīmiskais līdzsvars

1.uzdevums

Vīnogu sulai fermentizējoties glikoze ($C_6H_{12}O_6$, $\Delta H_{f.}^0$ = - 1275,2 kJ/mol) tiek pārvērsta par etilspirtu (C_2H_5OH, *l*) un oglekļa(IV) oksīdu. Cik liels siltuma daudzums atbrīvojas, ja fermentizējoties vīnogu sulai rodas 1 litrs vīna (blīvums ρ = 0,789 g/ml), kurā ir 12% (pēc tilpuma) etilspirta?

2.uzdevums

Senās civilizācijas kausēja dzelzi no rūdām izmantojot kokogles, ko ieguva no koka apdedzinot to ugunskuros:
$2Fe_2O_3(s) + 3C(s) \rightarrow 4Fe(s) + 3CO_2(g)$

Dzelzs kausēšana

a. Iegūt sakarību, kas būtu izteikta kā ΔG^o funkcija no temperatūras, ja var pieņemt, ka ΔH un ΔS no temperatūras nav atkarīgi. Attēlot šo sakarību grafiski, ja temperatūra mainās ar soli 200 K intervālā no 200 līdz 1000 K.
b. Aprēķināt zemāko temperatūru pie kuras šī reakcija ir iespējama!

3.uzdevums

Par bora trihlorīdu zināmi šādi termodinamiskie dati:

BCl_3 (*l*) $\Delta H_{f.}^0$ = - 427,2 kJ/mol

BCl_3 (*g*) $\Delta H_{f.}^0$ = - 403,8 kJ/mol S^o = 290 J/(mol×K)

Standartapstākļos viršanas temperatūra 13°C.

Aprēķināt šķidra bora trihlorīda entropiju: $S^o(BCl_3, l)$ = ?

4.uzdevums

Ūdeņradis un ciāns C_2N_2, kas abi ir gāzveida savienojumi, noteiktos apstākļos reaģē un rodas ūdeņraža cianīds jeb ciānūdeņradis, kura šķīdums ūdenī ir pazīstams ar nosaukumu zilskābe. Ķīmiskās reakcijas vienādojums ir:

$H_2(g) + C_2N_2(g) \rightleftharpoons 2HCN(g)$

Līdzsvara konstante koncentrāciju formā, šai reakcijai ir 1,50. 1,0 L lielā kolbā ievadīja 0,200 mol ūdeņraža, 0,150 mol ciāna un 0,0100 mol ūdeņraža cianīda un kolbu noslēdza. Aprēķināt līdzsvara koncentrācijas visām gāzēm.

5.uzdevums

Pietiekamu daudzumu N_2O_4 ievieto 10,0 L kolbā, lai spiediens kolbā būtu 1,00 atm 25°C temperatūrā. Daļa N_2O_4 disociē par NO_2. Līdzsvarā 25°C temperatūrā kopējais spiediens ir 1,17 atm. Aprēķināt reakcijas $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ līdzsvara konstanti koncentrāciju formā (K_c).

6.uzdevums

Cilvēka ķermenī esošos taukus var aprakstīt kā glicerīna trioleātu ($C_{57}H_{104}O_6$). Kad šie tauki organismā iedarbojoties ar skābekli norādās, veidojot oglekļa oksīdu, ūdeni un izdalot $3{,}022\times10^4$ kJ siltuma uz 1 molu tauku.

a. Uzrakstīt reakcijas termoķīmisko vienādojumu!
b. Cik liela masa tauku būtu jāsadedzina, lai uzsildītu vienu litru ūdens (blīvums 1,00 g/ml) no 25°C temperatūras līdz 30°C temperatūrai, ja zināms, ka ūdens īpatnējā siltumietilpība ir 4,18 J / (g × K).

7.uzdevums

Karsējot niķeļa tetrakarbonils $Ni(CO)_4$, kas šādos apstākļos ir gāzveida savienojums sadalās veidojot niķeli un oglekļa monoksīdu. Šim mērķim ir nepieciešami 160,7 kJ siltuma uz 1 mol niķeļa tetrakarbonilu.

c. Uzrakstīt reakcijas termoķīmisko vienādojumu!
d. Vai šī reakcija ir eksotermiska vai endotermiska?
e. Uzzīmēt reakcijas enerģētisko diagrammu!
f. Aprēķināt reakcijas entalpiju (ΔH), ja sadalās 1,000 grami niķeļa tetrakarbonila.
g. Cik liela masa niķeļa tetrakarbonila sadalās, ja tiek pievadīti 10,00 kJ siltuma?

8.uzdevums

Rūpnieciski svinu iegūst galvenokārt no svina sulfīda, kas dabā sastopams minerāla galenīta veidā. Lai šo procesu realizētu svina rūda (galenīts) tiek karsēts gaisā un izveidojas svina oksīds.

$PbS(s) + {}^3/_2\ O_2(g) \rightarrow PbO(s) + SO_2(g)$ $\Delta H = -415$ kJ

Tālāk iegūtais svina oksīds, izmantojot ogli, tiek reducēts līdz brīvam svinam:

$PbO(s) + C(s) \rightarrow Pb(s) + CO(g)$ $\Delta H = +108{,}5$ kJ

Aprēķināt entalpiju reakcijai, ja reaģē 1 mols svina (II) sulfīda ar skābekli un oglekli, veidojot svinu, sēra dioksīdu un oglekļa (II) oksīdu!

9.uzdevums

Pirmās palīdzības sildītājs sastāv no diviem nodalījumiem: vienā ir ciets kalcija hlorīds, bet otrā ūdens. Kad šo pirmās palīdzības sildītāju nepieciešams izmantot, ir jāsavērpj šī paka, tādējādi saplēšot iekšējo membrānu, kas atdala abus nodalījumus. Kalcija hlorīds izšķīst ūdenī, veidojot kalcija jonus, hlorīda jonus un izdalot siltumu. Cik liels siltuma daudzums izdalās, ja šī pirmās palīdzības paka satur 5 gramus kalcija hlorīda.

Kalcija hlorīda un attiecīgo jonu veidošanās entalpijas dotas tabulā uzdevumu sērijas beigās:

10.uzdevums

Aprēķināt kobalta jonu Co^{2+} veidošanās entalpiju, ja zināms, ka dotās reakcijas entalpija ir $\Delta H^0 = -1936{,}2$ kJ:

$2MnO_4^-(aq) + 16H^+(aq) + 5Co(s) \rightarrow 2Mn^{2+}(aq) + 5Co^{2+}(aq) + 8H_2O(l)$

Papildus nepieciešamie vielu termodinamiskie dati doti tabulā uzdevumu sērijas beigās.

11.uzdevums

Viena veida saules baterijās, saules enerģija tiek izlietota, lai izšķīdinātu nātrija sulfāta dekahidrātu, kas pazīstams arī ar nosaukumu glaubersāls.
Reakcijas vienādojums ir:

$Na_2SO_4 \times 10H_2O(s) \rightarrow 2Na^+(aq) + SO_4^{2-}(aq) + 10H_2O(l)$ $\Delta H = 79{,}8$ kJ

Atdziestot šim šķīdumam norisinās pretējā reakcija un izdalās siltums, kas palielina ūdens temperatūru rezervuārā. Cik liela masa ūdens var tikt uzsildīta no 20^oC līdz 68^oC (šāda temperatūra ir parasti karstā ūdens rezervuāros), izmantojot siltumu, kas izdalās, ja veidojas 100,0 g glaubersāls. Ūdens īpatnējā siltumietilpība ir 4200 J/(kg×K).

12.uzdevums

Lai taupītu enerģiju lietotājs pazemina karstā ūdens sildītāja temperatūras režīmu no 64^{o}C uz 52^{o}C. Sildītāja rezervuārs satur 150 L ūdens (ρ = 1,00 g/ml; īpatnējā siltumietilpība 4,2 J/(g$\times^{o}$C):

a. Cik daudz enerģijas uz vienu pilnu rezervuāru var ietaupīt šādā veidā?
b. Ja ūdens sildīšanai izmanto elektrisko sildītāju un elektroenerģijas cena ir 5 santīmi par kilovatstundu, tad cik daudz naudas šādā veidā var ietaupīt uz vienu pilnu rezervuāru. (1 kWh = 3,60$\times 10^{6}$ kJ)

13.uzdevums

Otrā pasaules kara laikā vācieši izmantoja nolietoto lidmašīnu detaļas, samaļot tās par alumīnija pulveri. Tad iegūto alumīnija pulveri sajauca ar amonija nitrātu un ieguva sprāgstvielas. Šo sprāgstvielu eksplozijas produkti ir slāpeklis, tvaiks un alumīnija oksīds. Ja sajauc 10,00 kg amonija nitrāta ar 10,00 kg alumīnija pulvera, cik liels siltuma daudzums izdalās?

Nepieciešamie vielu termodinamiskie dati doti rokasgrāmatā.

14.uzdevums

Misiņa blīvums ir 8,25 g/cm^{3} un īpatnējā siltumietilpība 0,362 J/(g$\times^{o}$C). Misiņa kubs ar šķautnes garumu 7,50 mm tiek sildīts Bunzena degļa liesmā līdz 95^{o}C temperatūrai. Pēc tam tas tiek iemērkts 20,0 mL ūdens, kura temperatūra ir 22,0^{o}C. Pieņemot, ka visi aprakstītie procesi norisinās bez siltuma zudumiem, kāda ir ūdens beigu temperatūra? (ūdens siltumietilpība dota iepriekšējos uzdevumos)

15.uzdevums

Braucot ar velosipēdu ar ātrumu 13 jūdzes stundā (mērens ātrums) tiek parētēts 2000 kJ enerģijas stundā. Šī enerģija tiek iegūta oksidējoties pārtikai, kas notiek ar $\approx$ 30% efektivitāti. Cik enerģijas tu ietaupi, ja braucot vienu jūdzi garu ceļa posmu ar velosipēdu nevis ar mašīnu, ja zināms, ka automašīna patērē 1 galonu benzīna uz 20 jūdzēm (1 galons atbilst 3,785 litriem).Benzīna blīvums ir 0,68 g/mL un sadegšanas siltums 48 kJ/g.

16.uzdevums

Kafejnīcā izsniedz glāzes ar tēju, kuras temperatūra ir vienāda ar istabas temperatūru. Pircējs pēc vēlēšanās var pievienot ledu. Pieņemot, ka pircējs vēlas, lai nedaudz ledus paliktu brīdī, kad tēja atdziest līdz 0^{o}C, aprēķināt kāda daļa glāzes būtu jāatstāj tukša, lai varētu pievienot ledu pēc šī pircēja vēlēšanās.

Zināms, ka: ūdens īpatnējā siltumietilpība: 4200 J / (kg × K)
īpatnējais ledus kušanas siltums: 3,4 × 10^{5} J / kg

17.uzdevums

Dzelzceļa sliežu sametināšanas procesā norisinās šāda ķīmiskā reakcija:

$$2Al(s) + Fe_2O_3(s) \rightarrow Al_2O_3(s) + 2Fe(s)$$

a. Aprēķināt šīs reakcijas entalpiju.
b. Alumīnija oksīda un dzelzs īpatnējie siltumi ir attiecīgi 0,77 un 0,45 J/(g$\times$K). Aprēķināt līdz kādai temperatūrai tiktu sasildīti reakcijas produkti, izmantojot reakcijā izdalījušos enerģiju.
c. Vai reakcijas rezultātā veidosies izkausēta dzelzs, ja kušanas temperatūra ir 1535^{o}C un kušanas entalpija ir 270 J/g?

18.uzdevums

Aprēķināt veidošanās Gibsa standartenerģijas izmantojot standartentalpijas un standartentropijas šādiem savienojumiem:

a. kalcija karbonātam
b. mangāna (II) oksīdam
c. fosfora pentahlorīdam

Kuri no šiem savienojumiem ir stabili attiecībā pret tos veidojošajiem elementiem?

19.uzdevums

Students brīdināja savus draugus neiet peldēties upē netālu no elektrostacijas. Viņš pieņēma, ka ozons, kas veidojas rūpnīcā oksidē upes ūdeni par ūdeņraža peroksīdu, kas var izbalināt matus. Reakcijas vienādojums ir:

$$O_3(g) + H_2O(l) \rightarrow H_2O_2(aq) + O_2(g)$$

Ar aprēķinu parādīt vai studenta pieņēmums ir ticams, pieņemot, ka ūdens temperatūra upē ir 25°C un visas reaģējošās vielas atrodas standarta stāvoklī. Veidošanās Gibsa enerģijas: $\Delta G_f^0(O_3)$ = + 163,2 kJ/mol, $\Delta G_f^0(H_2O_2)$ = - 134,0 kJ/mol, $\Delta G_f^0(O_2)$ = 0,0 kJ/mol un $\Delta G_f^0(H_2O, l)$ = - 273,2 kJ/mol.

20.uzdevums

Indīgo kaujas vielu fosgēnu var iegūt realizējot reakciju starp hloroformu un skābekli:

$$2CHCl_3(l) + O_2(g) \rightarrow 2COCl_2(g) + 2HCl(g)$$

Šīs reakcijas termodinamiskie dati 25°C temperatūrā ir: ΔH^o = - 353,2 kJ; ΔG^o = - 452,4 kJ.

a. Aprēķināt ΔS^o šai reakcijai. Vai entropijas zīme ir ticama no apsvēruma, ka entropija ir nesakārtotības mērs?
b. Aprēķināt fosgēna standartentropiju S^o!
c. Aprēķināt fosgēna veidošanās entalpiju ΔH_f^o !

Nepieciešamie vielu termodinamiskie dati doti rokasgrāmatā.

21.uzdevums

Kā temperatūra ietekmē šīs reakcijas patvaļīgu norisi? (spiediens saglabājas konstants – 1 atm)

$$2As(s) + 3F_2(g) \rightarrow 2AsF_3(l)$$

ΔH^o = - 1643 kJ; ΔG^o = - 0,316 kJ

22.uzdevums

Dietilēteris $(C_2H_5)_2O$ vārās 35,0°C temperatūrā, ja atmosfēras spiediens ir 1 atm. Tā iztvaikošanas siltums ir 26,0 kJ/mol. Aprēķināt ΔS^o reakcijai:

$$(C_2H_5)_2O\ (l) \rightarrow (C_2H_5)_2O\ (g)$$

23.uzdevums

Normālā benzola viršanas temperatūra ir 80,1°C. Benzola termodinamiskie dati ir:

$S^o(C_6H_6, l)$ = 172,80 J/K $S^o(C_6H_6, g)$ = 268,2 J/K

Aprēķināt kādā temperatūrā benzola tvaiku spiediens ir $1,50 \times 10^2$ mm Hg?

24.uzdevums

Ledus kušanas siltums ir 333 J/g. Aprēķināt procesam: $H_2O(s) \rightarrow H_2O(g)$ šādus termodinamiskos parametrus:

a. ΔH^o
b. ΔG^o pie 0°C
c. ΔS^o
d. ΔG^o pie -10°C
e. ΔG^o pie 10°C

25.uzdevums

Vispārīgā gadījumā reakciju, kas norisinās metabolizējoties cukuram var attēlot ar šādu vienādojumu:

$$C_{12}H_{22}O_{11}(s) + 12O_2(g) \rightarrow 12CO_2(g) + 11H_2O(l)$$

Šīs reakcijas termodinamiskie dati 25°C temperatūrā ir: ΔH^o = - 5650 kJ; ΔG^o = - 5790 kJ

a. Ja darbā tiek pārvērsti 30% no reakcijā izdalījušās enerģijas, tad cik lielu daudzumu (kilodžoulos) derīgā darba var pastrādāt, ja organismā pie temperatūras 37°C metabolizējas 1 grams cukura?
b. Cik liela masa cukura būtu jāapēd, lai varētu uzkāpt kalnā, kurš ir 1610 metrus augsts, ja tam nepieciešamo darbu kilodžoulos var atrast pēc šādas sakarības: $A = 9{,}79 \cdot 10^{-3} \cdot m \cdot h$, kur *m* – ķermeņa masa kilogramos un *h* – kalna augstums metros.

26.uzdevums

Par nenovienādotu ķīmiskās reakcijas vienādojumu zināmi šādi dati:

$A(g) \rightleftharpoons B(g)$

Laiks (min)	0	2	4	6	8
Konc. A, M	0,600	0,480	0,390	0,345	0,315
Konc. B, M	0,000	0,040	0,070	0,085	0,095

a. Izmantojot tabulas datus izlikt koeficientus dotajā reakcijas vienādojumā!
b. Vai sistēma ir sasniegusi līdzsvaru? Paskaidro!

27.uzdevums

Uzrakstīt līdzsvara konstantes izteiksmes šādām reakcijām:

c. $CS_2(g) + 4H_2(g) \rightleftharpoons CH_4(g) + 2H_2S(g)$
a. $2H_2O_2 \rightleftharpoons 2H_2O + O_2(g)$
b. $C_3H_8(g) + 5O_2(g) \rightleftharpoons 3CO_2(g) + 4H_2O(g)$

28.uzdevums

Doti dažu apgriezenisku reakciju apraksti. Uzrakstīt šo ķīmisko reakciju vienādojumus un līdzsvara konstanšu izteiksmes:

a. šķidrs acetons (C_3H_6O) ir līdzsvarā ar saviem tvaikiem
b. ūdeņradis reducē slāpekļa dioksīdu un veido amonjaku un tvaiku
c. gāzveida hlors reaģē ar šķidru oglekļa disulfīdu (sēroglekli) un veidojas divi šķidrumi – oglekļa tetrahlrorīds (tetrahlormetāns) un disēra dihlorīds.

29.uzdevums

25°C temperatūrā reakcijai $ICl(g) \rightleftharpoons ½\ I_2(g) + ½\ Cl_2(g)$ līdzsvara konstante ir $2{,}2 \times 10^{-3}$. Aprēķināt līdzsvara konstantes šādām reakcijām:

a. $2ICl(g) \rightleftharpoons I_2(g) + Cl_2(g)$
b. $2I_2(g) + 2Cl_2(g) \rightleftharpoons 4ICl(g)$

30.uzdevums

Zināms, ka reakciju:

$SnO_2(s) + 2H_2(g) \rightleftharpoons Sn(s) + 2H_2O(g)$
$CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g)$

... līdzsvara konstantes ir attiecīgi 21 un 0,034. Aprēķināt līdzsvara konstantes vērtību šādai ķīmiskajai reakcijai:

$SnO_2(s) + 2CO(g) \rightleftharpoons Sn(s) + 2CO_2(g)$

31.uzdevums

Aplūkosim amonjaka sadalīšanās reakciju:

$2NH_3(g) \rightleftharpoons N_2(g) + 3H_2(g)$

Noslēgtā kolbā 633°C temperatūrā sākotnējās koncentrācijas ir amonjakam 0,296 M, slāpeklim 0,170 M un 0,095 M ūdeņradim. Kad šādā temperatūrā iestājas līdzsvars līdzsvara koncentrācija amonjakam ir 0,268 M. Aprēķināt reakcijas līdzsvara konstanti minētajā temperatūrā.

32.uzdevums

Apgriezeniskā reakcijā starp ūdeņraža hlorīdu un 1 mol skābekļa veidojas tvaiks un gāzveida hlors. Reakcijas līdzsvara konstante (koncentrāciju formā) šādos apstākļos ir 1,6. Prognozēt, kādā virzienā pārvietosies līdzsvars, ja sākotnējais stāvoklis ir:

a. konc. HCl = konc. O_2 = konc. H_2O = konc. Cl_2 = 0,20 M
b. 4,0 L traukā sajauc 1,20 mol ūdeņraža hlorīda, 0,60 mol skābekļa, 1,40 mol ūdens tvaika un 0,80 mol hlora.

33.uzdevums

Dotajos apstākļos sistēmas $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$ koncentrāciju līdzsvara konstante ir 33,3. Ir atrasts, ka līdzsvara apstākļos $[PCl_3] = 4{,}0 \times [PCl_5]$. Kāda ir hlora līdzsvara koncentrācija?

34.uzdevums

Dotas reakciju līdzsvara konstantes koncentrāciju formā (K_c). Aprēķināt atbilstošās reakciju līdzsvara konstantes parciālo spiedienu formā (K_p).

a. $CO_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2O(g)$ $K_c = 0{,}0431$ (327°C temperatūrā)
b. $2SO_3(g) \rightleftharpoons 2SO_2(g) + O_2(g)$ $K_c = 3{,}2 \times 10^{-4}$ (627°C temperatūrā)

35.uzdevums

Amonija karbamāts NH_2COONH_4, sadalās saskaņā ar šādu ķīmiskās reakcijas vienādojumu:

$$NH_2COONH_4(s) \rightleftharpoons 2NH_3(g) + CO_2(g)$$

Kad iestājies līdzsvars gāzu parciālie spiedieni 40°C temperatūrā ir amonjakam 0,342 atm un 0,0605 atm oglekļa dioksīdam. Aprēķināt reakcijas līdzsvara konstanti parciālo spiedienu formā (K_p) šai sistēmai 40°C temperatūrā.

36.uzdevums

ASV studenti kārtoja eksāmenu fizikālajā ķīmijā. Viens no jautājumiem bija – aprēķināt reakcijas līdzsvara konstanti reakcijai:

$$CS_2(g) + 4H_2(g) \rightleftharpoons CH_4(g) + 2H_2S(g)$$

Zināms, ka 5,0 L rezervuārā līdzsvara apstākļos ir 5,5 mol CH_4, 1,25 mol H_2S, 1,5 mol CS_2 un 1,5 mol H_2. Četri studenti šajā uzdevumā deva sekojošas atbildes, bet visas izrādījās kļūdainas. Izskaidro, kur kļūdījies katrs no studentiem:

a. $K_c = \dfrac{(5{,}5)(1{,}25)^2}{(1{,}5)^2}$
b. $K_c = \dfrac{(0{,}30)(0{,}30)^4}{(1{,}1)(0{,}25)^2}$
c. $K_c = \dfrac{(1{,}1)(0{,}50)^2}{(0{,}30)(1{,}2)^4}$
d. $K_c = \dfrac{1{,}1 + 0{,}25^2}{0{,}30 + 0{,}30^4}$

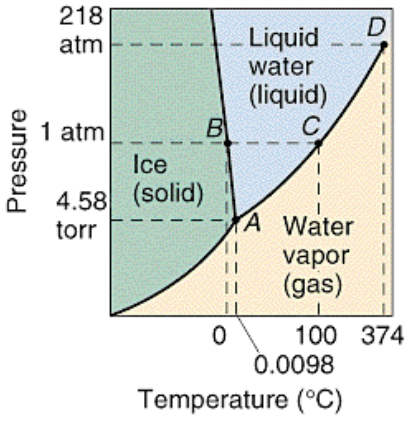
Kāda ir pareizā līdzsvara konstantes izteiksme un kāda ir šīs konstantes skaitliskā vērtība?

37.uzdevums

Kolbā, kuras tilpums ir 10,0 L, iepildīti 0,400 g ūdeņraža un 3,20 grami skābekļa. Reakcijas maisījumu ar dzirksteli aizdedzina un notiek reakcija, kurā ar 100% iznākumu rodas ūdens. Tad reakcijas maisījumu atdzesē līdz 27°C temperatūrai.

a. Kādos agregātstāvokļos ūdens ir kolbā?
b. Kāds ir beigu spiediens kolbā?

Pamatojumam izmantot zemāk doto ūdens stāvokļa diagrammu un viršanas līknes vienādojumu:



Viršanas līknes vienādojums:

$$p = 33427064 \cdot e^{-\frac{39398}{R \cdot T}}$$, kur ...

p – spiediens, *kPa*

T – temperatūra, *K*