

**Buxoro davlat universiteti  
o'quv-metodik kengash 10-sonli  
yig'ilishining bayonnomasidan**

**K O' C H I R M A**

**27.05.2022**

**Buxoro shahri**

**K U N T A R T I B I:**

**1. Turli masalalar.**

Organik va fizkolloid kimyo kafedrasi dotsenti M.A. Tursunov va iqtidorli talaba M.M. Amonovlarning 60530100-Kimyo ta'lim yo'nalishi uchun "Fizikaviy kimyo fanidan masalalar" deb nomlangan uslubiy qo'llanma tavsiya etish.

**E S H I T I L D I:**

**M.Y. Farmanova (kengash kotibasi)** - Organik va fizkolloid kimyo kafedrasi dotsenti M.A. Tursunov va iqtidorli talaba M.M. Amonovlarning 60530100-Kimyo ta'lim yo'nalishi uchun "Fizikaviy kimyo fanidan masalalar" deb nomlangan uslubiy qo'llanmani nashrga tavsiya etishni ma'lum qildi. Uslubiy qo'llanmaga: BuxMTI Kimyo kafedrasi mudiri V.N. Axmedov va Organik va fizkolloid kimyo kafedrasi dotsenti k.f.n. H.T. Avezovlar tomonidan ijobiy taqriz berilgani ta'kidlandi. Uslubiy qo'llanma muhokamasi haqidagi Tabiiy fanlar fakulteti (2022-yil 2-aprel) va Organik va fizkolloid kimyo kafedrasi (2022-yil 27-aprel) yig'ilish qarori bilan tanishtirdi.

Yuqoridagilarni inobatga olib o'quv-metodik kengash

**Q A R O R Q I L A D I:**

1. Organik va fizkolloid kimyo kafedrasi dotsenti M.A. Tursunov va iqtidorli talaba M.M. Amonovlarning 60530100-Kimyo ta'lim yo'nalishi uchun "Fizikaviy kimyo fanidan masalalar" deb nomlangan uslubiy qo'llanma tavsiya etilsin.

O'quv-metodik kengash raisi

O'quv-metodik kengash kotibasi

R.G'. Jumayev

M.Y. Farmanova



**M.A. TURSUNOV, M.M. AMONOV**

**FIZIKAVIY KIMYO FANIDAN  
MASALALAR**

**BUXORO 2022**

**M.A. Tursunov, M.M. Amonov**

**FIZIKAVIY KIMYO FANIDAN  
MASALALAR**

DURDONA nashriyoti

Buxoro – 2022

**Tursunov Murod, Amonov Muhammad**  
**Fizikaviy kimyo fanidan masalalar /M.A.Tursunov, M.M.Amonov-**  
**Buxoro: «Durdona» nashriyoti, 2022 y. 82 bet.**

Ushbu o'quv metodik qo'llanma 60530100-Kimyo ta'lim yonalishi talabalari uchun mo'ljallangan bo'lib, unda mavzuga oid nazariy ma'lumotlar, masalalarning yechishning qulay usullaridan na'munalar, mustaqil ishlash uchun masalalar va mashqlar mutaxassislikka moslab keltirilgan.

Kitobdan fizikaviy kimyo fani o'qitiladigan boshqa ta'lim yo'nalish talabalari, professor-o'qituvchilar, ilmiy tadqiqotchilarni va kimyo fanidan respublika va xalqaro olimpiadaga tayyorlanayotgan talabalar ham foydalanishlari mumkin.

**Buxoro Davlat universiteti Tabiiy fanlar fakulteti Ilmiy kengashning 2022-yil 2-apreldagi va BuxDU o'quv-metodik kengashini 2022-yil 27-maydagi 10-son yig'ilish bayonnomasi bilan chop etishga ruxsat qilingan.**

**Taqrizchilar:**

BuxMTI umumiy kimyo kafedrası mudiri, t.f.n., dots. V.N.Axmedov,  
BuxDU organik va fizkolloid kimyo kafedrası dotsenti, k.f.n., dots. H.T. Avezov.

## SO'Z BOSHI

Mamlakatimizda kimyo fani rivoji uchun puxta zamin tayyorlashda ertangi kelajagimiz, tayanchimiz bo'lgan avlodlarni yetuk barkamol shaxs qilib voyaga etkazishda ular uchun hozirgi kunimizni aks ettiradigan, jahon standartlariga javob beradigan yangi avlod darsliklarini, o'quv qo'llanmalarini yaratish zarur hisoblanadi. Ushbu "Fizikaviy kimyodan masala va mashqlar" nomli o'quv metodik qo'llanmasida fizikaviy kimyo faniga oid nazariy bilimlar keng bayon etilgan bo'lib, O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 60530100–Kimyo yo'nalishi dasturidagi mavzularni muvaffaqiyatli o'zlashtirishlari uchun masalalar va masalalar keltirilgan.

Bu qo'llanma birinchidan fanni chuqur o'zlashtirishga zamin yaratsa, ikkinchidan talabalarda ilmiy dunyoqarashni, mustaqil ishlashga ehtiyojni shakllantiradi, uchunchidan o'qitish jarayonida ularda mustaqil fikrlash, fan nuqtai nazaridan fikr yuritish qobiliyatini rivojlantiradi.

Qo'llanmadagi barcha masalalar uchta toifaga bo'lingan oddiy, o'rtacha va murakkab; shuning uchun ulardan turli bilim darajasidagi talabalar foydalanishi mumkin.

Kitobda fizikaviy kimyo fani bo'yicha 300 ga yaqin masalalar, savollar va masalalar keltirilgan bo'lib, ular fan dasturidagi barcha boblarni qamrab oladi.

Har bir mavzudan so'ng kitobda o'zini – o'zi nazorat etish va muhokama qilish uchun savollar, masalalar, kimyoviy iboralar berilgan bo'lib, ular talabalarni mustaqil ishlashida yuqori samara beradi.

Ishonamizki, ushbu o'quv qo'llanma talabalarga kimyo faniniga bo'lgan qiziqishni oshiradi, fanni o'zlashtirishlariga, chuqurroq o'rganishlariga foyda beradi.

Bizga kitobni yaratishda foydali maslahatlar bergan, tanqidiy fikrlar bildirgan ustozlarga, taqrizchilarga o'z minnatdorchiligimizni bildiramiz.

Mualliflar.

## I BOB. IDEAL GAZ QONUNLARI

### Boyl - Mariott qonuni

Makroskopik jismlar holatining harorat o'zgarmay turadigan sharoitidagi o'zgarish jarayoniga **izotermik** jarayon deb ataladi. Gaz haroratini o'zgartirmay saqlab turish uchun gaz termostat deb ataluvchi katta sistema bilan issiqlik almashinib turishi kerak. Aks holda siqilganda yoki kengayganda gazning harorati o'zgaradi. Agar atmosfera havosining harorati mana shu jarayon yuz beradigan vaqt davomida sezilarli ravishda o'zgarmasa atmosfera havosini termostat deyish mumkin.

*Agar ma'lum bir massali gazning harorati o'zgarmasa, gaz bosimi bilan hajmining ko'paytmasi o'zgarmas bo'ladi.*

$T = \text{const}$  bo'lganda  $PV = \text{const}$ , ya'ni  $P$  qancha ortsa,  $V$  shuncha kamayadi.

*Boyl - Mariott qonuni - o'zgarmas haroratda gazning bosimi hajmiga teskari proporsional bo'ladi.*

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

### Gey - Lyussak qonuni

Termodinamik sistema holatining bosimi o'zgarmay turadigan sharoitdagi o'zgarish jarayoniga **izobarik** jarayon deyiladi.

$P = \text{const}$  bo'lganda  $\frac{V}{T} = \text{const}$ , ya'ni ( $T$ ) harorat ortsa, ( $V$ ) hajm ham ortadi.

Agar ma'lum bir massali gazning bosimi o'zgarmasa, gaz hajmining haroratga nisbati o'zgarmaydi.

*Gey-Lyussak qonuni - o'zgarmas bosimda gazlarning hajmi haroratga tug'ri proporsional bo'ladi.* Qo'zg'aluvchan porshenli silindr ichida gazning kengayishini izobarik jarayon deb hisoblash mumkin. Bu qonun asosida quyidagi tenglamani keltirib chiqaramiz:

$$V_1 T_2 = V_2 T_1$$

### Sharl qonuni

Termodinamik sistema holatining hajm o'zgarmay turadigan sharoitdagi o'zgarish jarayoniga **izoxorik** jarayon deyiladi.

Ideal gazning holat tenglamasiga asosan gazning hajmi o'zgarmas bo'lgan har qanday holatda bosimning haroratga nisbati o'zgarmaydi:

$V = \text{const}$  bo'lganda  $\frac{P}{T} = \text{const}$ , ya'ni ( $T$ ) harorat ortsa, ( $P$ ) bosim ham ortadi.

Agar ma'lum bir massali gazning hajmi o'zgarmasa, gaz bosimining haroratga nisbati ham o'zgarmaydi.

Sharl qonuni - hajm o'zgarmas bo'lganda gaz harorati uning bosimiga to'g'ri proporsional bo'ladi.  $V = \text{const}$ ;

$$P_1 T_2 = P_2 T_1$$

Gey – Lyussak va Sharl qonunlari Klapeyron tenglamasida o'z aksini topadi:

$$V_0 P_0 T_1 = V_1 P_1 T_0 \quad (4)$$

Bu ifoda orqali bir gazning biror bir berilgan sharoitdagi parametridan foydalanib uning normal sharoitdagi parametrini hisoblab toppish mumkin. Masalan,

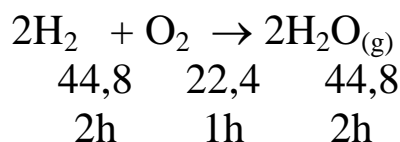
$$V_0 = \frac{P_1 V_1 T_0}{T_1 P_0} \quad (5)$$

### Hajmiy nisbatlar qonuni

Fransuz olimi Gey-Lyussak (1778-1850) ta'riflagan hajmiy nisbatlar qonuni atom va molekulyar massalar haqidagi masalani yechishga katta yordam beradi.

Hajmiy nisbatlar qonuni (1808 yil, Gey-Lyussak) – kimyoviy reaksiyaga kirishuvchi va reaksiya natijasida hosil bo'lgan gaz moddalarning hajmlari nisbati o'zaro kichik butun sonlar kabi bo'ladi.

Masalan,



### Avogadro qonuni va undan kelib chiqadigan xulosalar

Atom va molekula, ularning o'lchamlari Italyan fizigi Amedeo Avogadro (1776-1806) moddaning eng kichik zarrachalari molekulalar, elementlarning eng kichik zarrachalari esa atomlar degan fikrni aytdi. Uning ta'limotiga ko'ra oddiy moddalarning molekulalari bir element atomlaridan, murakkab moddalarning molekulalari turli element atomlaridan tuziladi. Bu bilan Avogadro Lomonosov-ning moddalarning tuzilishi haqidagi ta'limotni qo'llab quvvatladi va 1811 yilda quyidagi qonunini kashf etdi.

*Bir xil harorat va bir xil bosimda olingan teng hajmdagi har qanday gazlar-ning molekulalari soni teng bo'ladi.*

Avogadro qonunidan uchta xulosa kelib chiqadi:

1) oddiy gazlarning kislorod, vodorod, xlor molekulalari ikki atomdan iborat.

2) Har qanday gazsimon moddaning 1 moli normal sharoit ( $P=101,325 \text{ kPa}$ ,  $T=273 \text{ K}$ ,  $t=0^\circ\text{C}$ ) da  $22,4 \text{ l}$  hajmni egallaydi. Bu hajm gazlarning *molyar hajmi* deyiladi.

$$V_0 = V_{\text{molyar}} = 22,4 \text{ l/mol}$$

3) Bir xil sharoitda baravar hajmda ikkala gaz massalari orasidagi nisbatga teng. Turli agregat holatdagi (qattiq, suyuq, gaz) moddalarning bir moli tarkibida  $6,02 \cdot 10^{23}$  dona zarracha (atom, molekula yoki ion) bo'lishi mumkin. Bu son Avogadro soni deb ataladi va quyidagicha belgilanadi:  $N_A=6,02 \cdot 10^{23}$

### **Gazlarning nisbiy zichligi**

*Gazlarning nisbiy zichligi - biror gazning boshqa gazdan necha marta og'ir ekanligini ko'rsatadi.*

### **Parsial bosimlar qonuni. Gazlar aralashmasining tarkibiy qismlari kontsentratsiyasini turli xil ifodalash usullari**

Bir-biri bilan kimyoviy reaksiyaga kirishmaydigan gazlar o'zaro istalgan nisbatda aralasha oladi. Natijada gazlarning gomogen aralashmasi hosil bo'ladi. Bunday aralashmadagi har qaysi gaz o'zining mustaqilligini yo'qotmaydi, shuning uchun aralashmaning fizikaviy xossalari (solishtirma og'irligi, issiqlik sig'imi va boshqa xossalari) additiv (lotincha additio-qo'shilmoq so'zidan olingan) bo'ladi. Bu xossalarni komponentlarning xossalaridan hisoblab chiqarish mumkin. Masalan, gazlar aralashmasining umumiy bosimi ayrim-ayrim gazlarning parsial bosimlari yig'indisiga teng:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + \dots + P_n$$

$P$  – gazlar aralashmasining bosimi;  $P_1, P_2, P_3, P_4 \dots + P_n$  – ayrim gazlarning parsial bosimi. Bu qonun Daltonning parsial bosimlar qonuni deb ataladi.

Aralashmadagi gazning parsial bosimi aralashma egallagan hajmda shu gazning faqat o'zi ko'rsatadigan bosimiga teng.

Umumiy bosimi  $760 \text{ mm. sim. ust. ga}$  teng bo'lgan gazlar aralashmasi  $40\%$  kislorod saqlasa, kislorodning parsial bosimi  $760 \cdot 0,4 = 304 \text{ mm. sim. ust. ga}$  teng bo'ladi. Bu aralashma egallagan hajmda kislorodning yolg'iz o'zi bo'lganda ko'rsatadigan bosimidir.

Gazlar aralashmasining tarkibini turlicha ifodalash mumkin:

A) Hajmiy ulushlarda – hajmiy ulush bu gazlar aralashmasining  $100$  hajmidagi egallagan hajmi.  $\varphi = \frac{V_1}{V_{\text{umumiy}}}$

Gazlar aralashmasining hajmiy birliklarda ( $1 \text{ m}^3$ ,  $1 \text{ l}$  yoki  $1 \text{ ml}$  da) gi massa miqdori.



B) Massa ulushlarda – bu gazlar aralashmasining 100 og'irlik qismidagi har bir gazning massa miqdori.  $\omega = \frac{m_1}{m_{umumiy}}$

S) mol ulushlarda – bu gazlar aralashmasida bir gazning mol miqdori gazlarning umumiy miqdoriga nisbatiga tengdir.  $\eta = \frac{n_1}{n_{umumiy}}$

### **Masala yechish namunalari**

**1-masala.** 23<sup>0</sup>C va 775 mm. sm. ust. bosimda gazning hajmi 250 l ni tashkil qiladi. Shu gazning 0<sup>0</sup>C va 760 mm. sm. ust bosim (n.sh) dagi hajmini hisoblab toping.

Yechish: Bu masalani yechishda Klapeyron tenglamasidan foydalanamiz.

$$\frac{V_0 P_0}{T_0} = \frac{V_1 P_1}{T_1} \text{ dan normal sharoitdagi hajmni aniqlash lozim.}$$

$$V_0 = \frac{P_1 V_1 T_0}{T_1 P_0}; \quad V_0 = \frac{775 * 250 * 273}{296 * 760} = 235 \text{ l}$$

Javob: 235 litr.

**2-masala.** Ma'lum miqdordagi gaz 17<sup>0</sup>C da 580 ml hajmni egallaydi. Xuddi shu miqdordagi 100<sup>0</sup>C da ..... ml hajmni egallaydi (P = const).

Yechish: Gey-Lyussak qonuniga ko'ra o'zgarmas bosimda gaz hajmining haroratga nisbati o'zgarmaydi.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \text{ dan } V_2 = \frac{V_1 * T_2}{T_1}; \quad V_2 = \frac{580 * 373}{290} = 746 \text{ ml}$$

Javob: 746 millilitr.

**3-masala.** Kislородli balonning 15<sup>0</sup>C dagi bosimi 91,2·10<sup>2</sup> kPa. Qanday haroratda ballon bosimi 101,33·10<sup>2</sup> kPa ga teng bo'ladi?

Yechish: Gaz yopiq ballonda bo'lganligi uchun hajmni o'zgarmas deb olamiz. Bunda Sharl qonuniga ko'ra quyidagi tenglamadan foydalanamiz:

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{T_1}{T_2} \text{ dan } T_2 = \frac{T_1 * P_2}{P_1}; \quad T_2 = \frac{10133 * 288}{9120} = 320 \text{ K yoki } 47^{\circ}\text{C}$$

Javob: 320 K yoki 47<sup>0</sup>C

**4-masala.** 14 g CO<sub>2</sub> 7<sup>0</sup>C haroratda 96 kPa bosimda ..... ml hajmni egallaydi?

Yechish: I usul. 14 g CO<sub>2</sub> ning normal sharoitdagi hajmi topiladi:

$$44 \text{ g CO}_2 \text{ ----- } 22,4 \text{ l}$$

$$14 \text{ g CO}_2 \text{ ----- } x \quad x = 7,13 \text{ l}$$

Endi Boyle-Mariott va Gey-Lyussakning birlashgan formulasidan foydalanib normal sharoitdagi 7,127 l gaz 70<sup>0</sup>C va 96 kPa bosimdagi hajmi topiladi:

$$\frac{V_0 P_0}{T_0} = \frac{V_1 P_1}{T_1} ; V_1 = P_0 V_0 T_1 / P_1 T_0 \text{ dan } V_1 = \frac{101,325 * 7,127 * 280}{96 * 273} = 7,72 \text{ l}$$

II usul. Mendeleev-Klapeyron tenglamasidan foydalanib tegishli sharoitda turgan gazning hajmi topiladi:

$$V = mRT/MP = 14 \cdot 8,314 \cdot 280 / 44 \cdot 96 = 7,72 \text{ l}$$

Javob: 7,72 l

**5-masala.** 26<sup>0</sup>C va 736 mm. sim. ust. bosimda 5,25 g azot egallagan hajmni toping.

Yechish: I usul. Masala shartiga asoslanib 5,25 g azotning (n.sh.da) topiladi:

$$28 \text{ g N}_2 \text{ ----- } 22,4 \text{ l}$$

$$5,25 \text{ g N}_2 \text{ ----- } x \text{ l} \quad x = 4,2 \text{ l}$$

26<sup>0</sup>C harorat va 736 mm simob ustuni bosimida turgan bu gazning hajmi

$$PV/T = P_0 V_0 / T_0 ; V = P_0 V_0 T / P T_0 = 760 \cdot 4,2 \cdot 299 / 736 \cdot 273 = 4,75 \text{ l}$$

II usul. Mendeleev - Klapeyron tenglamasidan foydalanib gaz hajmini topamiz: bu yerda: R=62400.

$$V = mRT/MP = 5,25 \cdot 62400 \cdot 299 / 28 \cdot 736 = 4753 \text{ ml} = 4,753 \text{ l}$$

Javob: 4,753 l

**6-masala.** 350 ml xloroform bug'i 91<sup>0</sup>C da 95045,5 Pa bosimda 1,34 g keladi. Xloroformning molekulyar massasini toping.

Yechish:  $PV = \frac{m}{M} RT$  dan,  $M = \frac{mRT}{PV}$  Bu tenglamaga masala shartida berilgan kattaliklarni qo'yib hisoblaymiz:

$$M = \frac{1,34 * 8313845 * 364}{97045,5 * 350} = 119,5 \text{ g/mol}$$

Javob: 119,5 g/mol

**7-masala.** 0,873 g gaz, 83593,1 Pa bosimda va 39<sup>0</sup>C temperaturada 800 ml hajmni egallaydi. Shu gazning molekulyar massasini va vodorodga nisbatan zichligini toping.

Yechish: 1-usul. a) Mendeleev-Klapeyron tenglamasidan foydalanib gazning molekulyar massasini hisoblaymiz:

$$M = \frac{0,873 \cdot 8313845 \cdot 312}{835931 \cdot 800} \cdot \text{g/mol}$$

b)  $M = M_{\text{N}_2} \cdot D_{\text{H}_2}$  formuladan gazning vodorodga nisbatan zichligi ( $D_{\text{H}_2}$ ) ni topamiz:

$$D_{\text{H}_2} = \frac{M}{M_{\text{H}_2}} = \frac{34}{2,016} = 16,8$$

2) usul. a)  $PV = \frac{P_0 \cdot V_0}{T_0} \cdot T$  formuladan gazning normal sharoitdagi hajmi ( $V_0$ ) topiladi.  $V_0 = \frac{83593 \cdot 800 \cdot 273}{101325(273 + 39)} = 578_{\text{мл}}$  ёки  $0,578_{\text{л}}$

b) 0,873 g gazning normal sharoitdagi hajmi 0,578 l ekanligini bilgan holda 22,4 l gazning molekulyar massasi proporsiya orqali hisoblanadi:

0,578 l gaz            0,873 g kelsa,  
22,4 l gaz            x g keladi       $x = 22,4 \cdot 0,873 / 0,578 = 34 \text{ g}$   
Demak, gazning molekulyar massasi 34 u. b. ga teng;

v) gazning vodorodga nisbatan zichligi topiladi:

$$D_{\text{H}_2} = \frac{M}{M_{\text{H}_2}} = \frac{34}{2,016} = 16,8$$

3-usul. a) gazning normal sharoitdagi hajmi ( $V_0$ ) topiladi:  $y = 0,578$  litrga teng; b) 1 l vodorod normal sharoitda 0,09 g kelishini nazarda tutib, 0,578 l vodorodning massasi hisoblanadi:

$$m_{\text{H}_2} = 0,578 \cdot 0,09 = 0,052 \text{ g};$$

v) gazning vodorodga nisbatan zichligi topiladi:

$$D_{\text{H}_2} = \frac{m_{\text{gas}}}{m_{\text{H}_2}} = \frac{0,873}{0,052} = 16,8$$

g) gazning molekulyar massasi hisoblanadi;

$$M = M \cdot D_{\text{H}_2} = 2,016 \cdot 16,8 = 34 \text{ g/mol}$$

Javob: 34 g/mol

**8- masala.**  $0^{\circ}\text{C}$  da 5 l metan, 10 l vodorod va 25 l kislorod aralashirilgan. Gazlar aralashmasining tarkibiy qismini turli birliklarda ifodalang. Umumiy bosimni 760 mm. sim. ust. deb hisoblab, gazlarning parsial bosimini hisoblang.

Yechish. a) *gazlarning parsial bosimini hisoblash.*

Hajmiy ulushlarda gazlar aralashmasining umumiy hajmi:

$$5 + 10 + 25 = 40 \text{ litrga teng.}$$

Demak, aralashmada  $\varphi = \frac{5 \cdot 100}{40} = 12,5\% \text{ CH}_4$

$$\varphi = \frac{10 \cdot 100}{40} = 25\% \text{ H}_2 \text{ va } \varphi = \frac{25 \cdot 100}{40} = 62,5\% \text{ O}_2 \text{ bor ekan.}$$

b) Agar gazlar aralashmasini grammlar soni bilan ifodalash.

Yuqoridagi hisoblarga ko'ra 1 litr aralashma 0,125 l metan, 0,25 l vodorod va 0,625 l kislorod saqlaydi.

Har bir gazning massasini aniqlaymiz.

22,4 l CH<sub>4</sub> ----- 16 g

0,125 l ----- x g       $x = 0,125 \cdot 16 / 22,4 = 0,0893$  g metan bor.

22,4 l H<sub>2</sub> ----- 2 g

0,25 l ----- x g       $x = 0,25 \cdot 2 / 22,4 = 0,0225$  g vodorod bor.

22,4 l O<sub>2</sub> ----- 32 g

0,625 l ----- x g       $x = 0,625 \cdot 32 / 22,4 = 0,893$  g kislorod bor.

s) Gazlar aralashmasi tarkibini massa ulushlarda ifodalash

Gazlar aralashmasining 1 litri yuqoridagi tenglamada aniqlaganimizdek  $0,0893 + 0,0225 + 0,893 = 1,005$  g ni tashkil etadi.

Demak, massa ulushlari quyidagicha bo'ladi:

$$\omega = \frac{0,0895 \cdot 100}{1,005} = 8,91\% \text{ CH}_4$$

$$\omega = \frac{0,0225 \cdot 100}{1,005} = 2,24\% \text{ H}_2$$

$$\omega = \frac{0,893 \cdot 100}{1,005} = 88,85\% \text{ O}_2$$

d) Gazlar aralashmasi tarkibini mol ulushlarda ifodalash

1 litr aralashmadagi gazlarning mol ulushlarini aniqlaymiz.

$$n = \frac{0,125}{22,4} = 0,00558 \text{ mol CH}_4 \text{ dan } \eta = \frac{0,00558}{0,04508} = 12,378\% \text{ metan,}$$

$$n = \frac{0,25}{22,4} = 0,01116 \text{ mol H}_2 \text{ dan } \eta = \frac{0,0116}{0,04508} = 25,732\% \text{ vodorod,}$$

$$n = \frac{0,625}{22,4} = 0,0279 \text{ mol O}_2 \text{ dan } \eta = \frac{0,0279}{0,04508} = 61,89\% \text{ kislorod.}$$

e) Gazlar aralashmasining tarkibiy qismlarining parsial bosimlari ularning hajmiy ulushlarining nisbati kabi bo'ladi. Bu gazlar aralashmasi uchun quyidagicha yoziladi:

$$12,5 : 25 : 62,5 = 1 : 2 : 5$$

Gazlar aralashmasining bosimi 760 mm. sim. ust. ga tengligini hisobga olib, metan, vodorod va kislorodning parsial bosimlari quyidagicha bo'ladi:

metanning  $760 \cdot 1/8 = 95$  mm. sim. ust.

vodorodning  $760 \cdot 2/8 = 190$  mm. sim. ust.

kislorodning  $760 \cdot 5/8 = 475$  mm. sim. ust.

Shuni aytish muhimki, ko'pincha suyuqlik ustiga yig'ilgan va shuning uchun suv bug'iga to'yingan gazning hajmini o'lchashga to'g'ri

keladi. Bu holda gaz bosimi aniqlanar ekan, suyuqlik bug'ining parsial bosimini e'tiborga olib, tuzatish kiritish kerak bo'ladi.

Agar, gaz suv ustiga yig'ilgan bo'lsa ( $27^{\circ}\text{C}$  va  $765$  mm. sim. ust. da) va suvning  $27^{\circ}\text{C}$  dagi bosimi  $26,7$  mm. sim. ust. ga teng bo'lsa, gazning parsial bosimi  $765 - 26,7 = 738,3$  mm. sim. ust. ga teng bo'ladi.

Javob:  $738,3$  mm. sim. ust.

**9- masala.**  $2$  l  $\text{O}_2$  va  $4$  l  $\text{SO}_2$  bir xil,  $100$  kPa ( $750$  mm. sim. ust.) da aralashtirilgan. Aralashma hajmi  $6$  l bo'lganda, aralashmadagi gazlarning parsial bosimini hisoblang.

Yechish. Masala shartiga ko'ra ikki gaz aralashtirilgandan keyin kislorodning hajmi  $6/2=3$  marta,  $\text{SO}_2$  ning hajmi  $6/4=1,5$  marta ortgan. Demak, shuncha marta gazlarning parsial bosimi kamaygan hisoblanadi.

$$D_{\text{O}_2} = \frac{100}{3} = 33,3 \text{ kPa} \quad \text{va} \quad D_{\text{SO}_2} = \frac{100}{1,5} = 66,7 \text{ kPa}$$

Javob:  $66,7$  kPa

**10-masala.**  $3$  l  $\text{CO}_2$ ,  $4$  l  $\text{O}_2$  va  $6$  l  $\text{N}_2$  aralashtirilgan. Aralashtirguncha  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  va  $\text{N}_2$  ning bosimi tegishlicha  $96$ ;  $108$  va  $90,6$  kPa ga teng bo'lgan. Aralashmaning umumiy hajmi  $10$  l ga teng. Aralashmaning umumiy bosimini aniqlang.

Yechish. 1. Har bir gazning parsial bosimlarini hisoblaymiz.

$$P(\text{CO}_2) = 96 \cdot 3 / 10 = 28,8 \text{ kPa}$$

$$P(\text{O}_2) = 108 \cdot 4 / 10 = 43,2 \text{ kPa}$$

$$P(\text{N}_2) = 90,6 \cdot 6 / 10 = 54,4 \text{ kPa}$$

2. Umumiy bosim parsial bosimlar yig'indisiga teng:

$$P = 28,8 + 43,2 + 54,4 = 126,4 \text{ kPa}$$

Javob:  $126,4$  kPa

**11- masala.**  $20^{\circ}\text{C}$  va  $100$  kPa sharoitda suv ustida yig'ilgan  $120$  ml azot normal sharoitda qanday hajmni egallaydi. Suvning to'yingan bug' bosimi  $20^{\circ}\text{C}$  da  $2,3$  kPa ga teng.

Yechish. Azotning parsial bosimi umumiy bosim va suv bug'i bosimining ayirmasiga teng.

$$P(\text{N}_2) = P - P(\text{H}_2\text{O}) = 100 - 2,3 = 97,7 \text{ kPa}$$

Azotning normal sharoitdagi hajmini Klapeyron tenglamasi orqali topamiz.

$$\frac{V_0 P_0}{T_0} = \frac{V_1 P_1}{T_1} \quad \text{dan} \quad V_0 = \frac{P_1 V_1 T_0}{T_1 P_0} = \frac{97,7 * 120 * 273}{293 * 101,3} = 108 \text{ ml}$$

Javob:  $108$  ml.

### Mustaqil yechish uchun masalalar

1.  $7^{\circ}\text{C}$  da yopiq balonda gaz 720 mm. sm. ust. bosimni hosil qiladi. Agar harorat  $30^{\circ}\text{C}$  ga oshirilsa idishda bosim qanday o'zgaradi? **(617,15 mm. sm. ust.)**.

2. Normal sharoitda ikki atomli gaz 0,25 litr hajmni egallaydi. Shu gaz hajmi  $23^{\circ}\text{C}$  va 760 mm. sm. ust. bosimda qanday bo'ladi? **(0,23 l)**.

3.  $17^{\circ}\text{C}$  da va 780 mm. sm. ust. bosimda gaz 480 l hajmni egallaydi. Gazning hajmini normal sharoit ( $0^{\circ}$  da va 760 mm. sm. ust. bosim)ga keltiring. **(463,75 l)**.

4. Harorat o'zgarmas bo'lganda 3 litrli idishdagi gazni bosim 700 mm .sm. ust. ga teng. Gaz 2,8 l bo'lishi uchun idishdagi bosimni qanday o'zgartirish kerak? **(750 mm. sm. ust.)**.

5.  $25^{\circ}\text{C}$  va 745 mm. sm. ust da gaz 152 ml hajmni egallaydi. Agar harorat  $0^{\circ}\text{C}$ , bosim 760 mm sm. ust. ga etkazilsa (yani n.sh.da) gaz hajmini (ml) toping. **(162,64 l)**.

6.  $\text{CO}_2$   $22^{\circ}\text{C}$  haroratda va 500 kPa bosimda hajmi 20 l bo'lgan idishda saqlanadi. Karbonat angidridning massasini aniqlang. **(179,4 g)**.

7. Ozon-kislorod aralashmasining neonga nisbatan zichligi 1,64 ga teng. Aralashmadagi kislorodning hajmiy ulushi necha foizga teng? **(95%)**.

8. Yopiq idishda 0,05 g/molekula (mol) gaz  $0^{\circ}\text{C}$  da 1 l keladi. Gazning idishga beradigan bosimni hisoblang. **(113,486 kPa)**.

9. 6 g azot (II) oksid  $0^{\circ}\text{C}$  haroratda 2 l hajmni egallasa, idish ichidagi gaz bosim (atm. da) ni hisoblang. **(2,2386 atm)**.

10. 40 ml metan va atsetilen aralamasi ortiqcha kisloroda yondirilganda 64 ml uglerod dioksid hosil bo'ladi. Aralashmadagi atsetilenning hajmiy ulushini aniqlang. **(40%; 60%)**.

## II BOB. KIMYOVIY TERMODINAMIKA

### Termodinamikaning I qonuni

Izolyatsiyalangan sistemaning energiyasi doimiy bo'ladi.

Agar izolyatsiyalangan sistema energiyasi atrof-muhit bilan ta'sirlash-masdan oshsa, u holda birinchi turdagi abadiy dvigatel (Pepetuum mobile) yasash mumkin bo'lar edi. Birinchi turdagi abadiy dvigatel deganda energiya olmasdan ish bajara oladigan dvigatel tushuniladi. Ammo birinchi qonunning ikkinchi ta'rifiga asosan, birinchi turdagi abadiy dvigatel (Perpetuum mobile) yasash mumkin emas.

Izolyatsiyalangan sistemadagi energiyaning doimiyligi energiyaning bir turdan ikkinchi turga aylanishini inkor etmaydi. Bunday aylanishlarda energiya yo'q bo'lmaydi va yangidan paydo bo'lmaydi ham. Energiyaning saqlanish qonuniga asoslanib birinchi qonunning yana bir ta'rifini keltiramiz.

Energiya izsiz yo'q bo'lmaydi va yo'qdan bor bo'lmaydi. Uning bir turdan ikkinchi turga aylanishi qat'iy ekvivalent miqdorida bo'ladi.

Energiyaning saqlanish qonunidan quyidagi tenglama kelib chiqadi:

$$Q = \Delta U + W$$

bunda  $Q$  – sistemaga berilgan issiqlik miqdori;  $\Delta U$  – ichki energiyaning oshishi;  $W$  – sistema tomonidan bajarilgan ish.

Shuni qayd etib o'tish lozimki,  $Q$  va  $W$  – issiqlik va ishning absolyut qiymatlari bo'lib, ularning o'zgarishi emas. Chunki issiqlik va ish holat funksiyasi hisoblanmaydi hamda ularni  $\Delta Q$  va  $\Delta W$  ko'rinishida ifodalash mumkin emas.

Cheksiz kichik elementar jarayonlar uchun tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\delta Q = dU + \delta W = dU + pdV + \delta W^1$$

bunda  $pdV$  – sistemaning tashqi bosimga qarshi bajargan ishi (kengayish ishi),  $\delta W^1$  – qolgan barcha turdagi elementar ish.  $\delta W^1$  ning kattaligini foydali ish deb yuritiladi. Kimyoviy termodinamikada faqat kengayish ishi inobatga olinib,  $\delta W^1$  ning ishi nolga teng deb hisoblanadi. Shuning uchun  $\delta W = pdV$ ,

$$\text{bundan } \delta Q = dU + pdV$$

Birinchi va oxirgi tenglamalar termodinamika birinchi qonunining matematik ifodasi hisoblanadi. Bu tenglamalardan shunday xulosa kelib chiqadiki, sistemaga berilgan yoki sistemadan olingan issiqlik miqdori sistema ichki energiyasining o'zgarishiga hamda sistema tomonidan yoki sistema ustidan bajarilgan ishga teng bo'ladi.

Issiqlik – issiqlik o'tkazuvchanlik orqali bir jismdan ikkinchi jismga berilgan energiyadir.

Sistemaga berilgan issiqlik musbat, ajralib chiqqan issiqlik manfiy hisoblanadi. Issiqlikning o'lchov birligi kJ/mol.

Ish – sistema energiyasining tashqi muhitga berilishi bo'lib, uning miqdori berilgan energiya miqdoriga teng. O'lchov birligi Joule (J), kJoule (kJ).

Sistema tomonidan tashqi muhitga nisbatan bajarilgan ish musbat, tashqi muhitning sistemaga nisbatan bajargan ishi manfiy qisoblanadi.

Tashqi muhitdan ajratib olingan deb faraz qilingan jism yoki jismlar guruhi sistema deyiladi. Sistemalar har xil bo'ladi. Sistemaning barcha fizikaviy va kimyoviy xossalari yig'indisi uning holatini belgilaydi.

Sistemaning qismlari bir-biridan chegara sirtlari bilan ajralgan va xossalari bilan farq qiladigan bo'lsa, geterogen sistema deyiladi. Sistemaning qismlari chegara sirt bilan ajralmagan va xossalari bir xil bo'lsa, gomogen sistema deyiladi.

Sistema tashqi muhit bilan modda va energiya almasha ochiq, energiya almasha-yu, modda almashmasa yopiq sistema deyiladi.

Tashqi muhit bilan energiya ham, modda ham almashmasa izolirlangan sistema deyiladi.

Sistema tomonidan bajarilgan ish uning qanday sharoitda olib borilganiga bog'liq.

Izoxorik jarayon ( $V$ -const) - Bu jarayonda sistemaning hajmi o'zgarmaydi. Demak,  $\Delta V = 0$ , bundan  $P\Delta V = 0$ ,

$$Q_v = \Delta U.$$

Izobarik jarayon ( $P$ -const). Bunda

$$Q_p = \Delta U + P\Delta V = (U_2 - U_1) + P(V_2 - V_1) = (U_2 + PV_2) - (U_1 + PV_1) = H_2 - H_1 = \Delta H$$

$$Q_p = \Delta H$$

Izotermik jarayon ( $T$ -const). Doimiy haroratda sistemaning ichki energiyasi o'zgarmaydi  $\Delta U = 0$ .

$$Q_T = A.$$

Adiabatik jarayon ( $Q$ -const). Bu jarayonda  $Q = 0$ . Sistema ichki energiyasi kamayishi hisobiga ish bajariladi.

$$A = -\Delta U$$

### **Masala yechish namunalari**

**1-masala.** 50 g toluol 30°C da bug'langanida ichki energiyasi o'zgarishini hisoblang. Bunda toluol bug'lari ideal gaz qonunlariga bo'ysunishini va suyuqlik hajmi bug' hajmiga nisbatan juda kichikligini hisobga oling. Toluolning yashirin bug'lanish issiqligi 347,8 J/mol.



Yechish: Ichki energiya va entalpiya quyidagicha bog'langan:

$$H=U+PV \text{ yoki } \Delta U=\Delta H-P\Delta V$$

$$P\Delta V=nRT \text{ ligini hisobga olib}$$

$$\Delta U=\Delta H-nRT \text{ deb yozish mumkin}$$

Toluolning molekulyar og'irligi-92 g, mollar soni  $n=m/M=50/92=0,54$   
Ichki energiya o'zgarishini hisoblaganda toluolning umumiy massasi hisobga olinadi.  $T=273+30=303\text{K}$

$$\Delta U=347,8 \cdot 50 - 0,54 \cdot 8,31 \cdot 303 = 16029\text{J} = 16,03 \text{ kJ.}$$

50 g toluol  $30^\circ\text{C}$  da bug'langanda sistemaning ichki energiyasi 16,03 kJ ga o'zgaradi.

**2-masala.** 72 g suv qaynash haroratida bug'langanda ichki energiyasi o'zgarishini hisoblang. Suvning normal bosimdagi yashirin bug'lanish issiqligi 44041 J/mol, suv bug'ining solishtirma hajmi 1,699 l/g. Suyuqlik hajmini hisobga olmag.

Yechish: Termodinamikaning I qonuniga binoan  $Q=A+\Delta U$ , suv bug'ining bosimi atmosfera bosimiga teng (qaynash haroratida).  $P=101325 \text{ Pa}$

Jarayon doimiy bosimda sodir bo'lyapti (izobarik jarayon).

$$A_p = P(V_{\text{bug'}} - V_{\text{suyuq}}) = P V_{\text{bug'}} \quad V_{\text{bug'}} \gg V_{\text{suv}} \text{ bo'lgani uchun}$$

$$A = 101,325 \cdot 1,699 \cdot 10^{-3} \cdot 18 = 3098,72 \text{ J}$$

$$\Delta U = Q - A = 72/18(44041 - 3098,78) = 163,8 \text{ kJ}$$

$\Delta U$  musbat shuning uchun bug'lanishda yutilayotgan issiqlik ichki energiyaning ortishiga sarf bo'ladi.

$$\Delta U = U_2 - U_1 \quad U_2 > U_1$$

**3-masala.** 10 g toluol bug'langanda bajarilgan ish, issiqlik miqdori, ichki energiya va entalpiya o'zgarishlarini hisoblang. Toluolning qaynash harorati 383 K, solishtirma bug'lanish issiqligi 336 kJ/mol. Bug'ni ideal gaz deb hisoblab, suyuqlik hajmini hisobga olmag.

Yechish: Toluol doimiy bosimda bug'lanadi, shuning uchun entalpiya o'zgarishi bug'lanish issiqligiga teng.

$$Q_p = \Delta H = n l_{\text{bug'}} = \frac{m}{M} l_{\text{bug'}}$$

$l_{\text{bug'}}$  - solishtirma bug'lanish issiqligi,  $n$  - mollar soni,  $m$  - massasi,  $M$  - molekulyar og'irligi - 92g

$$\Delta H = \frac{10}{92} \cdot 33,6 = 3,65 \text{ kJ} = 3,65 \cdot 10^{-3} \text{ J}$$

Izobarik jarayonda bajarilgan ish

$$A_p = P(V_{\text{bug'}} - V_{\text{suyuq}}) = P V_{\text{bug'}} \quad V_{\text{bug'}} \gg V_{\text{sub}} \text{ bo'lgani uchun}$$

$$A_p = P V_{\text{bug'}} = nRT = \frac{10}{92} \cdot 8,31 \cdot 383 = 346 \text{ J}$$

Entalpiya o'zgarishi  $\Delta H_{ni}$

$\Delta H = \Delta U + P\Delta V = \Delta U + PV_{bug}$ , bo'yicha hisoblasak,

$$\Delta U = \Delta H - PV_{bug} = \Delta H - nRT = 3650 - 346 = 3304 \text{ J}$$

**4-masala.**  $0,8 \text{ m}^3$  vodorodning  $20^\circ\text{C}$  da bosimi  $84800 \text{ Pa}$ . Qizdirilganda gaz  $3,6 \text{ m}^3$  hajmi egalladi. Bu vaqtda qancha ish bajariladi?

Yechish: Izobarik jarayonda bajarilgan ish

$$A_p = P(V_2 - V_1) = 84800 (3,6 - 0,8) = 237440 \text{ J} = 237,44 \text{ kJ}$$

**5-masala.**  $30 \text{ l}$  ideal gaz  $96460 \text{ Pa}$ ,  $24^\circ\text{C}$  da izotermik siqildi. Gaz hajmi 5 marta kamayganda qancha issiqlik ajraladi?

Yechish: Izotermik jarayonda bajarilgan ish

$$A_t = Q_t = nRT \ln \frac{V_2}{V_1} = 2,303 \cdot nRT \lg \frac{V_2}{V_1};$$

Mollar sonini ideal gaz holat tenglamasidan aniqlaymiz:

$$PV = nRT \quad n = \frac{PV}{RT} = \frac{96460 \cdot 30 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 297} = 1,17 \text{ mol}$$

Bundan  $Q_t = 2,303 \cdot 1,17 \cdot 8,31 \cdot 297 \lg \frac{6}{30} = 6653,44 \lg 0,2 = -4650,75 \text{ J} = -4,65 \text{ kJ}$

**6-masala.**  $0^\circ\text{C}$  dan  $1350^\circ\text{C}$  gacha qizdirilganda  $50 \text{ kg}$  suyuq misning entalpiyasini hisoblang. Bunda a) misning yashirin suyuqlanish issiqligi  $l_c = 206 \text{ kJ/kg}$ ;

b) Suyuq misning solishtirma issiqlik sig'imi  $0,494 \text{ kJ/kg} \cdot \text{grad}$ ;

v)  $T_{suyuq} = 1084^\circ\text{C}$

g) qattiq misning  $0-1084^\circ\text{C}$  orasidagi haqiqiy issiqlik sig'imi

$$C_q = 0,382 + 1,13 \cdot 10^{-4} \cdot t$$

Yechish:  $1350^\circ\text{C}$  dagi suyuq misning entalpiyasini quyidagicha topamiz:

$$\Delta H_{Cu} = \Delta H_1 + l_{suyuq} + \Delta H_2 \quad (\text{misning massasi hisobga olinadi})$$

$\Delta H_1$ - qattiq misning  $0^\circ\text{C}$  dan suyuqlanish harorati  $1084^\circ\text{C}$  gacha qizdirilgandagi entalpiyasi;

$l_{suyuq}$ - yashirin suyuqlanish issiqligi;

$\Delta H_2$ - misni suyuqlanish haroratidan  $1350^\circ\text{C}$  gacha qizdirilgandagi entalpiyasi;

$$\Delta H = C_q dt \text{ tenglamani integrallaymiz}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_1 &= 50 \int_0^{1084} (0,382 + 1,13 \cdot 10^{-4} t) dt = 50 \left[ \int_0^{1084} 0,382 dt + \int_0^{1084} 1,13 \cdot 10^{-4} t \right] = \\ &= 50 \left[ 0,382 \cdot 1084 + 1,13 \cdot 10^{-4} \frac{(1084)^2}{2} \right] = 27343,45 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$l_{suyuq} = 50 \cdot 206 = 10300 \text{ kJ.}$$

$\Delta H_2$  ni hisoblashda  $\Delta H = C_{suyuq} \Delta t$  tenglamadan foydalanamiz.

$$\Delta H_2 = 50 \cdot 0,494 (1350-1084) = 6570,2 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_{\text{Cu}} = \Delta H_1 + 1_{\text{suyuq}} + \Delta H_2 = 27343,45 + 10300 + 6570,2 = 44213,65 \text{ kJ}$$

**7-masala.** Hajmiy ulushlari 30% va 70% bo'lgan CO va CO<sub>2</sub> dan iborat 100 mol gazlar aralashmasini 200°C dan 800°C gacha qizdirish uchun qancha issiqlik kerak?

$$\Delta H_{\text{CO}_2}^{200} = 8120 \text{ J/mol} \quad \Delta H_{\text{CO}_2}^{800} = 38000 \text{ J/mol}$$

Yechish:  $H_{\text{aral}} = \frac{1}{100} (a\Delta H_1 + b\Delta H_2 + c\Delta H_3 + \dots)$

$$\Delta H_{\text{aral}}^{200} = \frac{1}{100} (30 \cdot 5840 + 7 \cdot 8120) = 7436 \text{ J}$$

$$\Delta H_{\text{aral}}^{800} = \frac{1}{100} (30 \cdot 24900 + 70 \cdot 38000) = 34070 \text{ J}$$

$$\Delta H = \Delta H_{\text{aral}}^{800} - \Delta H_{\text{aral}}^{200} = 34070 - 7436 = 26634 \text{ J}$$

Aralashmani 200°C dan 800°C gacha qizdirish uchun 26634 J issiqlik kerak ekan.

**8-masala.** CH<sub>3</sub>CHO (gaz) + H<sub>2</sub> (gaz) = C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH (suyuqlik) reaksiya 298K da sodir bo'lsa, doimiy bosim va hajmlardagi issiqlik effektlari orasidagi farq (Q<sub>p</sub>-Q<sub>v</sub>)<sub>ни</sub> hisobdang. Haroratni 400 K ga ko'tarib spirtni gaz holatga o'tkazsak, bu farq nimaga teng bo'ladi?

Yechish: Doimiy bosim va hajmlardagi issiqlik effektlari orasidagi farqni hisoblash uchun quyidagi tenglamadan foydalanamiz.

$$Q_p - Q_v = \Delta nRT$$

Ushbu reaksiya uchun  $\Delta n = 0 - 1 - 1 = -2$

$$(Q_p - Q_v)_{298} = -2 \cdot 8,31 \cdot 298 = -4956 \text{ J}$$

400 K da C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH gaz holatda bo'ladi

$$\Delta n = 1 - 1 - 1 = -1$$

$$Q_p - Q_v = -1 \cdot 8,31 \cdot 400 = -3325,6 \text{ J}$$

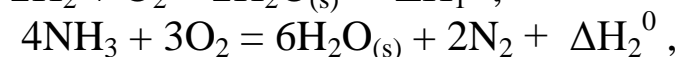
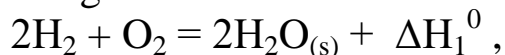
**9-masala.** Gaz 10 l dan 16 l gacha 101.3 kPa doimiy bosimda kengaytirilganda 126 J issiqlikni yutadi. Ichki energiya o'zgarishini hisoblang.

Yechish.  $Q = \Delta U + A \quad \Delta U = Q - p\Delta V$

$$\Delta U = 126 - 101,3 \cdot 6$$

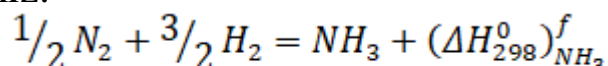
$$\Delta U = -481,8 \text{ J}$$

**10-masala.** Oddiy moddalardan ammiak hosil bo'lishining normal bosimda va 298 K da reaksiyalarning issiqlik effektlaridan foydalanib hisoblang:

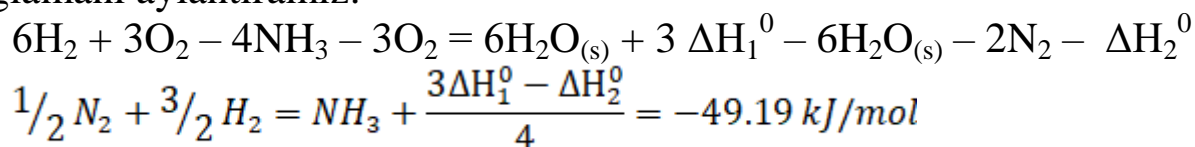


$$\Delta H_1^0 = -571,68 \text{ kJ/mol}, \quad \Delta H_2^0 = -1530,28 \text{ kJ/mol}$$

Yechish. Issiqlik effektini aniqlash kerak bo'lgan reaksiya tenglamasini yozamiz:



H<sub>2</sub>O(g) va O<sub>2</sub>(g) tenglamaga kiritilmaydi, shuning uchun ularni (1) va (2) tenglamalardan ajratish uchun (1) tenglamani 3 ga ko'paytiramiz va (2) tenglamani aylantiramiz:



### Mustaqil yechish uchun masalalar

1. 2 kg havo 50°C da izotermik kengaytirilganda hajmi 8 martaga oshdi. Sarflangan issiqlik miqdorini toping. Havoning o'rtacha molekulyar massasi 29 g.

2. 100 l hajmli balonda 20°C harorat va 5·10<sup>6</sup> Pa bosimda havo joylashtirilgan. Havoni atrof muhit bosimi 0,1·10<sup>6</sup> Pa gacha izotermik va adiabatik kengaytirilgandagi bajarilgan ishni hisoblang. Izotermik va adiabatik jarayonlardagi havoning oxirgi hajmini (V<sub>2</sub>) hisoblang.

3. 50 g spirt qaynash haroratida bug'langanda ichki energiya o'zgarishini aniqlang. Solishtirma bug'lanish issiqligi 857,7 J/g, bug'ning solishtirma hajmi 100°C da 607·10<sup>-3</sup> l/g. Suyuqlik hajmini hisoblang.

4. 100 g suv 20°C da bug'langanda ichki energiya o'zgarishini hisoblang. Suvning solishtirma bug'lanish issiqligi 2451 J/g. V<sub>b</sub> >> V<sub>s</sub>. Suv bug'lari ideal gaz qonunlariga bo'ysunadi deb hisoblang.

5. Ideal gazning hajmi 298 K da o'zgarmas haroratda 1,5 l dan 10 l ga kengaytirildi. Bunda 9,66·10<sup>5</sup> J issiqlik sarf bo'ldi. Bu yarayonda necha mol gaz ishtirok etdi?

6. 90 g suv 100°C da bug'langanda ichki energiya o'zgarishi 188,1 kJ ga teng. Suv bug'ining solishtirma hajmi 1,699 l/g, bosimi 1,0133·10<sup>5</sup> Pa. Suv bug'ining hosil bo'lish issiqligini hisoblang.

7. 2 mol ideal gazni doimiy bosimda qizdirilganda 5000 J ish bajarildi. Ushbu jarayondagi ichki energiya va entalpiya o'zgarishini hisoblang. C<sub>v</sub> = 2,5R

8. 0°C da 100 g uglerod (II)-oksid CO ning hajmi 50 l dan 10 l gacha siqilganda ajralib chiqqan issiqlik miqdorini hisoblang.

9. Hajmiy ulushlari 20% uglerod(II)-oksid CO va 80% uglerod (IV)-oksid CO<sub>2</sub> dan iborat 100 kmol gazlar aralashmasini normal bosimda 100°C dan 700°C gacha qizdirish uchun qancha issiqlik sarf bo'ladi?

10. Quyidagi jarayonlarda  $Q_p = -\Delta H$  va  $Q_v = -\Delta U$  lar orasidagi farqlarni hisoblang.

- a)  $H_2 + 1/2O_2 \rightarrow H_2O$   $T = 298K$  da  
b)  $CH_3COOC_2H_5 \rightarrow CH_3COOH + C_2H_5OH$   $T = 298K$  da  
v)  $1/2N_2 + 3/2H_2 \rightarrow NH_3$   $T = 673K$  da  
g)  $C + 2H_2 \rightarrow CH_4$   $T = 1073K$  da

### Termokimyo. Gess qonuni

Kimyoviy reaksiyalarning issiqlik effektlarini o'rganadigan kimyoviy termodinamika bo'limiga *termokimyo* deyiladi. Amaliyotda termokimyoning roli beqiyos. Chunki turli jarayonlarning issiqlik balansini tuzishda va kimyoviy muvozanatni o'rganishda issiqlik effektlari hisoblanadi.

Ko'pchilik kimyoviy reaksiyalar o'zgarmas hajmda yoki o'zgarmas bosimda amalga oshiriladi. Termodinamika birinchi qonuniga muvofiq,

$$Q_v = \Delta U, \text{ o'zgarmas bosimda esa}$$

$$Q_p = \Delta U + p\Delta V = \Delta H$$

Bu tenglamalar reaksiyaning boshidan oxirigacha hajm va bosim o'zgarmagan taqdirda qo'l keladi.

$Q_v$  va  $Q_p$  issiqlik miqdorlarini ko'pincha reaksiyalarning izoxorik va izobarik issiqlik effektlari deyiladi.

O'zgarmas bosim yoki hajmda qaytmas jarayonda ajralib chiqadigan yoki yutiladigan issiqlikning maksimal miqdoriga kimyoviy reaksiyaning issiqlik effekti deyiladi.

$Q_v$  va  $Q_p$  sistema holatining funksiyasi bo'lganidan kelib chiqqan holda 1936 yilda rus olimi Gess tomonidan eksperimental aniqlangan qonun termodinamik asoslandi.

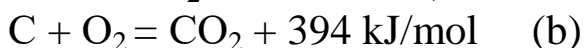
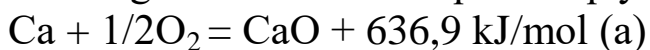
Gess qonuni.

Reaksiyaning issiqlik effekti sistemaning boshlang'ich va oxirgi holatiga bog'liq bo'lib, jarayon yo'liga bog'liq emas.

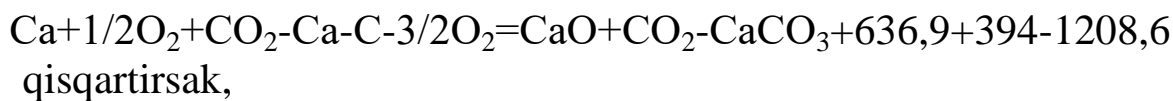
### Masala yechish namunalari

**1-masala.** Kalsiy karbonatning parchalanish reaksiyasi issiqlik effektini hisoblang.  $CaCO_3 = CaO + CO_2 + Q$

Mahsulotlarning hosil bo'lish issiqliklari quyidagicha:



Yechish: I usul. Berilgan termokimyoviy reaksiyalarni kombinatsiyalaymiz. Buning uchun (a) va (b) tenglamalarni qo`shib, (v) tenglamani ayiramiz.



II usul. Gess qonunidan kelib chiqadigan 1-xulosadan foydalanamiz.

$$\Delta H_x = \sum(n\Delta H_{h/6})_{\text{oxirgi mahc.}} - \sum(n\Delta H_{h/6})_{\text{boshl. mahc.}}$$

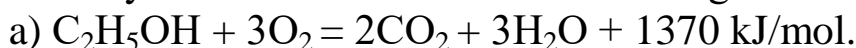
$$\Delta H = (\Delta H_{h/b}^{\text{CaO}} + \Delta H_{h/b}^{\text{CO}_2}) - \Delta H_{h/b}^{\text{CaCO}_3} = -636,9 - 394 + 1208,6 = 177,7 \text{ kJ/mol}$$

**2-masala.** Etilatsetat hosil bo`lish

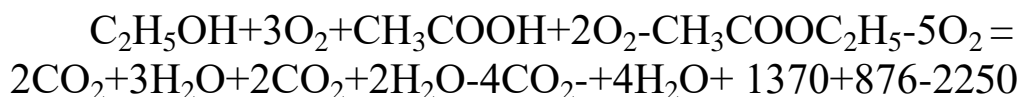
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{CH}_3\text{COOH} = \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$  reaksiyasining standart issiqlik effektini hisoblang. Etil spirt, sirka kislota va etilatsetatning yonish reaksiyalari standart issiqlik effektlari -1370 kJ/mol, 876 kJ/mol, 2250 kJ/mol.

Yechish: Ushbu reaksiyalarning issiqlik effektini bir necha usul bilan hisoblash mumkin:

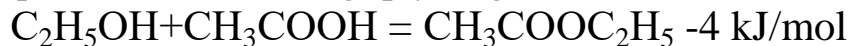
Reaksiyada ishtirok etuvchi moddalarning temokimyoviy reaksiyalari:



Berilgan temokimyoviy reaksiyalarni kombinatsiyalaymiz va reaksiyada ishtirok etmaydigan kislorod va uglerod(IV)-oksidni qisqartirib yuboramiz. Buning uchun (a) va (b) tenglamalarni qo`shib (v) tenglamani ayiramiz.



Qisqartirishlardan so`ng quyidagilar hosil bo`ladi:



$$Q = -4 \text{ kJ/mol.}$$

2-usul. Gess qonunining 2- xulosasini tadbiq etamiz:

$$\Delta H_x = \sum(n\Delta H_{\text{yon.}})_{\text{bosh}} - \sum(n\Delta H_{\text{yon.}})_{\text{ox}}$$

$$\Delta H = (\Delta H_{\text{yon}}^{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} + \Delta H_{\text{yon}}^{\text{CH}_3\text{COOH}}) - \Delta H_{\text{yon}}^{\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5} = -1370 - 876 + 2250 = 4 \text{ kJ/mol.}$$

**3-masala.**  $2\text{Fe} + 3/2\text{O}_2 = \text{Fe}_2\text{O}_3$  reaksiyaning 291K dagi issiqlik effekti  $\Delta H = 823,3 \text{ kJ/mol.}$  Shu reaksiya uchun shu haroratdagi  $\Delta U_v$  ni aniqlang.

Yechish: Reaksiyada gaz molekulari sonining o`zgarishini aniqlaymiz:

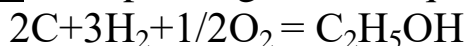
$$\Delta n = 0 - \frac{3}{2} = -\frac{3}{2}$$

$\Delta H = \Delta U - \Delta nRT$  ekanligidan foydalanib

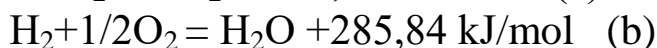
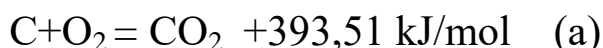
$\Delta U = \Delta H + \Delta nRT$  ni keltirib chiqaramiz:

$$\Delta U = \Delta H = \bar{Q}_P + \Delta nRT = 823,3 - \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 10^{-3} \cdot 291 = 819,7 \text{ kJ/mol}$$

**4-masala.** Etil spirtning standart qosil bo'lish issiqligini aniqlang.



Reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning standart yonish issiqliklari

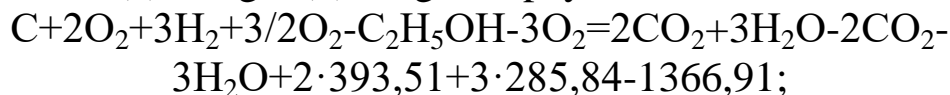


Yechish. 1-usul. Gess qonunining 2-xulosasidan foydalanamiz. Reaksiya tenglamasidagi stexiometrik koeffitsientlarni hisobga olinadi.

$$\Delta H = \Sigma(n\Delta H_{yon.})_{bosh} - \Sigma(n\Delta H_{yon.})_{ox}$$

$$\Delta H = (2\Delta H_{yon}^C + 3\Delta H_{yon}^{H_2}) - \Delta H_{yon}^{C_2H_5OH} = -2 \cdot 393,51 - 3 \cdot 285,84 + 1366,91 = -277,6 \text{ kJ/mol}$$

2-usul. Termokimyoviy reaksiyalarni kombinatsiyalab, etil spirt hosil bo'lishida ishtirok etmaydigan uglerod(IV)-oksid va suvni chiqarib tashlaymiz. Buning uchun (a) va (b) tenglamalarni qo'shib, (v) ni ayiramiz. Oldin (a)ni 2 ga, (b)ni 3ga ko'paytirib olamiz.



qisqartirishlar va o'zgartirishlardan sung quyidagilar hosil bo'ladi:



Etil spirtning standart hosil bo'lish issiqligi  $\Delta H_{298}^0 = 277,6 \text{ kJ/mol}$

**5-masala.** Gaz holatdagi geksanning 298K da yonish issiqligini Konovalov formulasi bo'yicha hisoblang.

Yechish: V-const da geksanning kalorimetrik bombada yonish issiqligi quyidagi formula bo'yicha boradi:  $C_6H_{14} + 9,5O_2 = 6CO_2 + 7H_2O_{(suyuq)}$

Konovalov formulasi:  $\Delta U_V^{yonish} = 204,2n + 44,4m + x$

To'yingan uglevodorodlar uchun  $x=0$ . Geksanning yonish reaksiyasi uchun  $n=19$ ,  $m=7$ . U holda

$$\Delta U_V^{yon} = 204,2 \cdot 19 + 44,4 \cdot 7 = 419,7 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_p = \Delta U_V - \Delta nRT \quad \Delta n = 6 - 1 - 9,5 = -4,5$$

$$\Delta H_p = \Delta U_V - \Delta nRT = 419,7 + 4,5 \cdot 8,31 \cdot 10^{-3} \cdot 298 = 4205,3 \text{ kJ/mol}$$

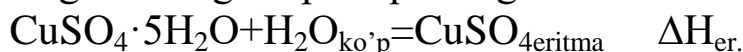
**6-masala.**  $CuSO_4$  va suvning elementlardan standart hosil bo'lish issiqlari 771 va 286 kJ/mol, gidratlangan tuz  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  ning hosil bo'lish issiqligi 2280 kJ/mol, uning erish issiqligi 11,7 kJ/mol. 1 mol suvsiz tuzning erish issiqligi nimaga teng?

Yechish: Erish jarayoni 2 bosqichdan iborat deb hisoblaymiz.

1) suvsiz tuzning gidratlanishi



2) kristallogidratning ko'p miqdordagi suvda erish issiqligi



$\Delta H_{\text{h.b. krisgid}}$  ba  $\Delta H_{\text{er}}$ -har bir bosqichning issiqlik effektlari.

Umumiy jarayonning issiqlik effekti ikkala bosqich issiqlik effektlarining yig'indisiga teng.

$$\Delta H = \Delta H_{\text{gidr}} + \Delta H_{\text{er}}$$

Gess qonunining 1-xulosasidan foydalanib

$$\Delta H_{\text{gidr}} = \Delta H_{\text{h/b}}^{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} - (\Delta H_{\text{h/b}}^{\text{CuSO}_4} + 5 \Delta H_{\text{h/b}}^{\text{H}_2\text{O}})$$

$\Delta H_{\text{gidr}}$  ning qiymatini o'rniga qo'ysak

$$\Delta H = \Delta H_{\text{er}} + \Delta H_{\text{h/b}}^{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} - (\Delta H_{\text{h/b}}^{\text{CuSO}_4} + 5 \Delta H_{\text{h/b}}^{\text{H}_2\text{O}}) = 11,7 - 2280 - (-771 - 5 \cdot 286) = -67,3 \text{ kJ/mol}$$

**7-masala.** 1,473 g  $\text{NH}_4\text{Cl}$  528,5g suvda eritilganda harorat  $0,174^\circ\text{C}$  ga pasaydi.  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ning integral erish issiqligini aniqlang. Hosil bo'lgan eritmaning solishtirma issiqlik sig'imi  $4,109\text{J/g}\cdot\text{grad}$ . Kalorimetrning issiqlik sig'imi  $181,4 \text{ kJ/grad}$ .

Yechish:  $\Delta H_{\text{er}} = \frac{(mC_{\text{er}} + C_{\text{kal}})\Delta t \cdot M}{g}$  bo'yicha hisoblaymiz.

$$M = 528,5 + 1,473 = 530 \text{ g} \quad \Delta t = -0,174$$

$$\Delta H_{\text{er}}^{\text{NH}_4\text{Cl}} = \frac{(530 \cdot 4,109 + 181,4) \cdot (-0,174) \cdot 53,5}{1,453} = -15110 \text{ kJ/mol}$$

**8-masala.** 250 g  $\text{H}_2\text{SO}_4$  450 ml suvda eriganda qancha issiqlik ajralib chiqadi?

Yechish:  $\Delta H_{\text{erish}}^{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{74,8n}{n + 1,7983}$  empirik formuladan foydalanamiz.

$\text{H}_2\text{SO}_4$  va  $\text{H}_2\text{O}$  larning mol sonini hisoblab olamiz.

$$n\text{H}_2\text{O} = \frac{450}{18} = 25 \text{ mol} \quad n\text{H}_2\text{SO}_4 = \frac{250}{98} = 2,55 \text{ mol}$$

1 mol  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ga  $\frac{25}{2,55} = 9,8 \text{ mol}$   $\text{H}_2\text{O}$  to'g'ri keladi.

$$\Delta H_{\text{er}} = \frac{74,8n}{n + 1,7983} = \frac{74,8 \cdot 9,80}{9,8 + 1,7983} = 63,2 \text{ kJ/mol}$$

250 g  $\text{H}_2\text{SO}_4$  450 ml suvda eriganda

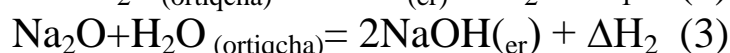
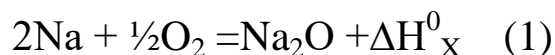
$$\Delta H_{\bar{q}_{\text{er}}} = 63,2 \cdot 2,55 = 161,16 \text{ kJ issiqlik ajralib chiqadi.}$$

**9-masala.** Standart sharoitda va  $298\text{K}$  da 1 mol natriy va natriy oksidining suvda erishi issiqliklari tegishlicha  $-183,79$  va  $-237,94 \text{ kJ/mol}$  ga teng. Har ikkala holda ham suv ortiqcha olingan. Standart

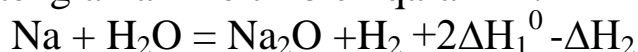


sharoit va 258 K da natriy oksidining oddiy moddalardan hosil bo'lish issiqlik effekti ( $\Delta H_f^{298}$ ), ni hisoblang.

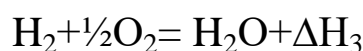
Yechish. Issiqlik effekti hisoblanadigan va unga qo'shimcha reaksiyalarni yozamiz:



Bu tenglamadan (4) tenglamani keltirib chiqaramiz :



Ushbu tenglamadan suv va  $\text{H}_2$  ni chetlashtirib,  $\text{O}_2$  kiritish uchun tenglamani suvning oddiy moddalardan hosil bo'lish tenglamasi bilan birlashtiramiz:



Ma'lumotnomadan  $\Delta H_3 = -285,84$  K joul/mol ekanligidan foydalanib hisoblaymiz;  $\Delta H_f^{298} = \Delta H_x^0 = 2\Delta H_1^0 - \Delta H_2^0 + \Delta H_3^0 =$   
 $= 2(-183,79) - (-237,94) + (-285,84) = -415,48$  kJ/mol.

**10- masala.**  $\text{Cd} + 2\text{AgCl} = \text{CdCl}_2 + 2\text{Ag}$

Reaksiyada entropiya o'zgarishini hisoblang. Reaksiya  $1.0133 \cdot 10^5$  Pa bosim va 298.2 K haroratda galvanic elementda boradi. Elementning EYuK si tashqaridan 0.6753 B bilan kompensasiyalanadi. Tuzlarning standart hosil bo'lish issiqliklari quyidagicha:

$H_f^{298}(\text{CdCl}_2) = -389$  kJ/mol va  $H_f^{298}(\text{AgCl}) = -126.8$  kJ/mol,

Yechish: Gess qonuniga muvofiq reaksiyaning issiqlik effekti quyidagicha:

$$\Delta H^{298} = (\Delta H_f^{298})_{\text{CdCl}_2} - 2(\Delta H_f^{298})_{\text{AgCl}} = -38900 - 2(-126800) = -135,400 \text{ joul}$$

Reaksiya qaytmas bo'lgani uchun  $\Delta S > -135400/298.2$  bo'ladi.  $\Delta S$  ni hisoblash uchun reaksiyani teskari tomonga amalga oshirish kerak. Agar bu reaksiyani o'zgarimas haroratda va bosinda termostatda joylashtirilgan galvanik elementda amalga oshirilsa hamda uning EYuK si tashqaridan kompensatsiyalansa, u holda jarayon amalda qaytar bo'lib qoladi. Bunda bajarilgan ish  $W_{\text{Max}} = nFE$  bo'lsa issiqlik efekti  $Q = T\Delta S$  boladi.

$$\Delta U = a - W_{\text{Max}} = Q - (P\Delta V - W_{\text{Max}})$$

$$Q = \Delta H + W_{\text{Max}} = \Delta H + nFE$$

Qiymatlarni qo'ysak:

$$Q = -135400 + 2 \cdot 0,6753 \cdot 96487 = -5084,7 \text{ joul.}$$

$$\Delta S = -5084,7/298,2 = -17,05 \text{ joul(mol K)}$$

Izoliyatsiyalangan sistemaning umumiy entropiyasi o'zgarishi amalda quyidagicha bo'ladi.

$$\Delta S = -17.05 + 235400/298.2 = 437.0 \text{ joul}/(\text{mol K})$$

Bu qiymat jarayon qaytmasligini tasdiqlaydi.

### Mustaqil yechish uchun masalalar

1. 20 l etilen yonganda qancha issiqlik chiqadi.  $\Delta H(\text{H}_2\text{O})=285,9$ ;  $\Delta H(\text{C}_2\text{H}_2)=56,8$ ;  $\Delta H(\text{SO}_2)=392,9$  **(1262,8J)**

2. Suvning hosil bo'lish issiqligi 285,9 kJ ga teng bo'lsa, 100 l vodorod yonganda qancha issiqlik chiqadi. **(1274,9)**

3.  $\text{PH}_3$  yonganda 2452,8 kJ issiqlik chiqadi. Agar suv va fosfat angidridning hosil bo'lish issiqliklari 285,9; 1546,6 kJ ga teng bo'lsa, fosfinning hosil bo'lish issiqligini toping. **(24,2)**

4.  $\Delta H_{\text{CO}}=110,4$ ;  $\Delta H_{\text{CO}_2}=392,9$  kJ bo'lsa, 1 mol CO yonganda qancha issiqlik ajralib chiqadi? **(282,6 kJ)**

5.  $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2 -145$  CaO va  $\text{CO}_2$  ning hosil bo'lish issiqliklari 635,8; 392,9 kJ ga teng bo'lsa,  $\text{CaCO}_3$  ning elementlardan hosil bo'lish issiqligini toping. **(1173,7)**

6. Suvsiz stronstiy xloridning erish issiqligi 47,7 geksagidratining erish issiqligi 30,9 kJ ga teng bo'lsa, tuzning gidratlashni issiqligini toping. **(78,6)**

7.  $\text{C}_{\text{grafit}} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + 393,05$  va  $\text{C}_{\text{olmos}} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + 394,93$  bo'lsa, grafitning olmosga aylanish issiqligini toping. **(1,88)**

8. Mis sulfat va mis kuporosining erish issiqligi 66; 11,7 kJ bo'lsa, tuzning gidratlanish issiqligini toping. **(77,7)**

9.  $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2 = 3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}_g$   $\text{Fe}_3\text{O}_4$  va  $\text{H}_2\text{O}$  ning hosil bo'lish entalpiyalari -1115,6; -241,6 kJ bo'lsa, reaksiyaning issiqlik effektini toping. **(-149,2)**

10.  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} = \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Fe}$  oksidlarining hosil bo'lish issiqligi -820,5; -1671 kJ bo'lsa, reaksiyaning issiqlik effektini toping. **(-850,5)**

### Reaksiya issiqlik effektining haroratga bog'liqligi.

#### Kirxgoff qonuni

Jadvallarda beriladigan issiqlik effektlari standart ( $25^\circ\text{C}$  harorat va 101325 Pa) sharoitda o'lchanadi. Lekin kimyoviy reaksiyalar har xil haroratda boradi. Tajribalar shuni ko'rsatdiki, harorat ortishi bilan jarayonning issiqlik effekti o'zgaradi. Issiqlik effektining haroratga bog'liqligi Kirxgoff qonunida ifodalanadi.

$$\frac{Q_2 - Q_1}{T_2 - T_1} = \Sigma \Delta C_2 - \Sigma \Delta C_1 \quad (1)$$

Izobar issiqlik effektini hisoblash uchun:  $\frac{\Delta H_2 - \Delta H_1}{T_2 - T_1} = \Delta C_p$  (2) deb

yo'zish mumkin.

Issiqlik effektining harorat koeffitsienti mahsulotlar issiqlik sig'imi yig'indisidan dastlabki moddalar issiqlik siqimlari yig'indisini ayirmasiga teng.

Bu qonun reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning issiqlik sig'imlari va reaksiyaning biror bir haroratdagi issiqlik effekti ma'lum bo'lsa, istalgan haroratdagi issiqlik effektlarini hisoblab topish imkonini beradi.

Berilgan haroratda reaksiyaning izobar issiqlik effektini aniqlash uchun yuqoridagi tenglamani standart haroratdan T gacha integrallanadi:

$$\Delta H_T = \Delta H_{298} + \int_{298}^T \Delta C_p dT$$

Moddalarning issiqlik sig'imining konsentratsiyaga bog'liqligi:

$$C_p = a_0 + a_1 T + a_2 T^2$$

Agar (2) tenglamani integrallashda haroratlar intervalida fazoviy o'zgarishlar sodir bo'lsa, integrallash  $T_1$  haroratdan fazoviy o'zgarish sodir bo'ladigan haroratgacha integrallanadi, so'ngra shu haroratdagi fazoviy o'zgarish issiqlik effektiga q'o'shiladi va fazoviy o'zgarish haroratidan  $T_2$  gacha integrallanadi.

### Masala yechish namunalari.

**1-masala.**  $ZnS_{(q)} + 3/2 O_{2(g)} = ZnO_{(q)} + SO_{2(g)}$  reaksiyasining  $800^\circ C$  da entalpiya o'zgarishini hisoblang. Reaksiyalarning issiqlik sig'imi bilan harorat orasidagi bog'lanish quyidagicha:

$$C_p^{ZnC(q)} = 54 \cdot 10^3 + 4,96 \cdot T - 8,12 \cdot 10^8 T^{-2} \text{ J/kmol} \cdot K$$

$$C_p^{ZnO(q)} = 47,6 \cdot 10^3 + 4,8 \cdot T - 8,25 \cdot 10^8 T^{-2} \text{ J/kmol} \cdot K$$

$$C_p^{O_2(g)} = 31,5 \cdot K \cdot 10^3 + 3,39 \cdot K \cdot T - 3,77 \cdot K \cdot 10^8 T^{-2} \text{ J/kmol} \cdot K$$

$$C_p^{SO_2(g)} = 71,5 \cdot K \cdot 10^3 + 10,73 \cdot T - 12,72 \cdot K \cdot 10^8 T^{-2} \text{ J/kmol} \cdot K$$

Moddalarning oddiy elementlardan hosil bo'lish issiqliklari

$$(\Delta H_{298}^\circ)_{ZnS} = -203 \cdot 10^6 \text{ J/kmol}$$

$$(\Delta H_{298}^\circ)_{ZnO} = -348 \cdot 10^6 \text{ J/kmol}$$

$$(\Delta H_{298}^\circ)_{SO_2} = -297 \cdot 10^6 \text{ J/kmol}$$

Yechish:  $800^\circ C$  yoki  $1073 K$  da entalpiya o'zgarishini

$$\Delta H_T = \Delta H_{298} + \Delta a_0 (T - 298) + \frac{\Delta a_1}{2} (T^2 - 298^2) - \Delta a_2 \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{298} \right) \text{ formula bo'yicha}$$

hisoblaymiz.

$$\Delta H_{1073}^{\circ} = \Delta H_{298} + \Delta a_0(1073-298) + \frac{\Delta a_1}{2}(1073^2 - 298^2) - \Delta a_2\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{298}\right);$$

$\Delta a_0$ ,  $\Delta a_1$  va  $\Delta a_2$  ni  $\Delta a_0 = \sum(n\Delta a_0)_{\text{oxirgi}} - \sum(n\Delta a_0)_{\text{bosh}}$  formula bo'yicha topamiz:

$$\Delta a_0 = 47,6 \cdot 10^3 + 71,5 \cdot 10^3 - 54 \cdot 10^3 - \frac{3}{2} \cdot 31,5 \cdot 10^3 = 17,3 \cdot 10^3$$

$$\Delta a_1 = 4,8 + 10,73 - 4,96 - \frac{3}{2} \cdot 3,39 = 5,5$$

$$\Delta a_2 = -8,25 \cdot 10^8 - 12,72 \cdot 10^8 + 8,12 \cdot 10^8 + \frac{3}{2} \cdot 3,77 \cdot 10^8 = -7,19 \cdot 10^8$$

Gess qonunining 1-xulosasidan foydalanib, reaksiyaning standart issiqlik effektini hisoblaymiz:

$$\Delta H_{298} = (\sum n\Delta H_{h/6})_{\text{ox.m.}} - (\sum n\Delta H_{h/6})_{\text{bosh.m.}} = -442 \cdot 10^6 + 13,41 \cdot 10^6 + 2,92 \cdot 10^6 - 1,74 \cdot 10^6 = -427,41 \cdot 10^6 \text{ J/kmol}$$

800°C dagi issiqlik effekti:

$$\begin{aligned} \Delta H_{1073} &= -442 \cdot 10^6 + 17,3 \cdot 10^3 \cdot 775 + \frac{5,5}{2} \cdot 1,06 \cdot 10^6 + 7,19 \cdot 10^8 (-2,42 \cdot 10^{-3}) = \\ &= -4,42 \cdot 10^6 + 13,41 \cdot 10^6 + 2,92 \cdot 10^6 - 1,74 \cdot 10^6 = -427,41 \cdot 10^6 \text{ J/kmol} \end{aligned}$$

**2-masala.**  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}_{(g)} = \text{CO} + 3\text{H}_2\text{O}$  reaksiyaning 800°C dagi issiqlik effekti reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning entalpiyalaridan foydalanib hisoblansin.

Yechish. Reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning hosil bo'lish issiqliklaridan foydalanib reaksiyaning standart sharoitdagi issiqlik effektini topamiz.

$$\begin{aligned} \Delta H_{298}^{\circ} &= \Delta H_{h/b}^{\text{CO}} + 3\Delta H_{h/b}^{\text{H}_2} - \Delta H_{h/b}^{\text{CH}_4} - \Delta H_{h/b}^{\text{H}_2\text{O}(g)} = -110,5 + 3 \cdot 0 - (-74,85) - (-241,84) = \\ &= -206,19 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Gazlarning turli haroratlardagi va normal bosimdagi entalpiyalari jadvalidan foydalanib 25°C dan 800°C ga o'tganda kerak bo'ladigan entalpiya qiymatlarini hisoblaymiz.

$$\Delta H_{\text{CH}_4}^{800} - \Delta H_{\text{CH}_4}^{25} = 44600 - 3660/4 = 43685 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{\text{H}_2\text{O}}^{800} - \Delta H_{\text{H}_2\text{O}}^{25} = 29960 - 3320/4 = 29130 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{\text{CO}}^{800} - \Delta H_{\text{CO}}^{25} = 24900 - 2880/4 = 24810 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{\text{H}_2}^{800} - \Delta H_{\text{H}_2}^{25} = 23700 - 2900/4 = 22975 \text{ kJ/mol}$$

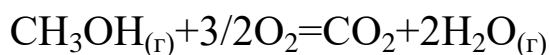
$$\sum \Delta H_{\text{bosh}} = 43685 + 23130 = 72815 \text{ kJ/mol}$$

$$\sum H_{\text{ox}} = 24180 + 3 \cdot 22975 = 93105 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_T = \Delta H_{298} + \sum \Delta H_{\text{ox}} - \sum \Delta H_{\text{bosh}} \text{ ga binoan}$$

$$\Delta H_{800} = 206190 + 93105 - 72815 = 226480 \text{ kJ/mol}$$

**3-masala.** Quyidagi kimyoviy reaksiyaning issiqlik effektini 127°C va 1,013·10<sup>5</sup> Pa da aniqlang.



Yechish.  $\Delta H_T = \Delta H_{298}^\circ + \Delta C_{298}^\circ + \Delta C_p(T-298)$  tenglamadan foydalanamiz.  $\Delta H_{298}^\circ$  ning qiymatini Gess qonuni xulosasi bo'yicha hisoblaymiz.

$$\Delta H_{298}^\circ = \sum(n\Delta H_{h/6})_{oh} - \sum n\Delta H_{h/6})_{bosh}$$

Reaksiyada ishtirok etayotgan va hosil bo'layotgan moddalar issiqlik siqimlari va hosil bo'lish issiqlik effektlari qiymatlarini 2-jadvaldan olamiz.

$$\Delta H_{298}^\circ = -393,51 - 2 \cdot 241,84 + 201,17 = -676,02 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta C_p = (\Delta C_p)_{oxirgi} - (\Delta C_p)_{boshl.} = 37,13 + 2 \cdot 33,57 - \frac{3}{2} \cdot 29,37 - 49,4 =$$

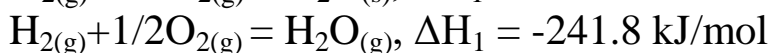
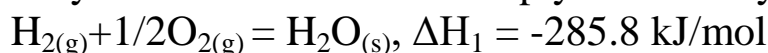
$$= 10,815 \frac{J}{grad \cdot mol} = 10,815 \cdot 10^{-3} \text{ kJ / grad} \cdot \text{mol}$$

400°C dagi entalpiya o'zgarishi

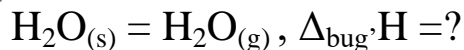
$$\Delta H_{400}^\circ = -676,02 + 10,815 \cdot 10^{-3} (400 - 298) = -676,02 + 1,10 = -674,92 \text{ kJ/mol}$$

**4-masala.** Suyuq va bug' holdagi suvning standart entalpiyalari 298 K da mos ravishda -285.8 va -241.8 kJ/mol ga teng. Shu haroratdagi suvning bug'lanish entalpiyasini hisoblang.

Yechish. Reaksiyalarni mos ravishda entalpiyalari bilan yozamiz:



Ikkinchi reaksiyani ikki bosqichda yozish mumkin: avval vodorodning yonishi natijasida suyuq suv hosil bo'ladi dastlabki reaksiya kabi, keyin suv bug'lanadi:



Gess qonuniga muvofiq:



$$\text{Bundan} \quad \Delta_{bug}H = -241.8 - (-285.8) = 44.0 \text{ kJ/mol}$$

**5-masala.** Ma'lumotnomadagi kattaliklardan foydalanib, ushbu reaksiyaning entalpiyasini hisoblang. 298 K da



Yechish. Ionlar qisqartirilganda reaksiya quyidagi ko'rinishda bo'ladi:  $3\text{Cu}_{(q)} + 8\text{H}^+_{(aq)} + 2\text{NO}_3^-_{(aq)} = 3\text{Cu}^{2+}_{(aq)} + 2\text{NO}_{(g)} + 4\text{H}_2\text{O}_{(s)}$

Gess qonuniga muvofiq reaksiya entalpiyasi:

$$\Delta_r H^\circ = 4 \Delta_f H(\text{H}_2\text{O}) + 2 \Delta_f H(\text{NO}) + 3 \Delta_f H(\text{Cu}^{2+}) - 2 \Delta_f H(\text{NO}_3^-)$$

(mis metali va vodorod ionlarining entalpiyalari 0 ga teng)

$$\Delta_r H^\circ = 4(-285.8) + 2(90.25) + 3(64.77) - 2(-205.0) = -358.4 \text{ kJ/mol}$$

(3 mol mis hisobida).

**6-masala.** 1000 K da metaning yonish entalpiyasini hisoblang, agar 298 K dagi entalpiyalar:

$$\Delta_f H^\circ (\text{CH}_4) = -17.9 \text{ kkal/mol}$$

$$\Delta_f H^\circ (\text{CO}_2) = -94.1 \text{ kkal/mol}$$

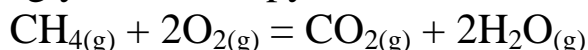
$$\Delta_f H^\circ (\text{H}_2\text{O}) = -57.8 \text{ kkal/mol}$$

Gazlarning issiqlik sig'imi (kal/mol·K da) 298 dan 1000 K gacha intervalda:

$$C_p(\text{CH}_4) = 3.422 + 0.0178 \cdot T, \quad C_p(\text{O}_2) = 6.095 + 0.0033 \cdot T,$$

$$C_p(\text{CO}_2) = 6.396 + 0.0102 \cdot T, \quad C_p(\text{H}_2\text{O}) = 7.188 + 0.0024 \cdot T.$$

Yechish. Metanning yonish entalpyasi



$$298 \text{ K da: } \Delta_f H^\circ_{298} = -94.1 + 2 \cdot (-57.8) - (-17.9) = -191.8 \text{ kkal/mol}$$

Issiqlik sig'implari farqini harorat funksiyasi kabi topamiz:

$$\Delta C_p = C_p(\text{CO}_2) + 2 C_p(\text{H}_2\text{O}) - C_p(\text{CH}_4) - 2 C_p(\text{O}_2) = 5.16 - 0.0094 \cdot T$$

1000 K da reaksiya entalpiyasini Kirxgoff tenglamasi orqali topamiz:

$$\Delta_r H^\circ_{1000} = \Delta_r H^\circ_{298} + \int_{298}^{1000} (5.16 - 0.0094 T) dT = -191800 + 5.16(1000 - 298) - 0.0094(1000^2 - 298^2) / 2 = -192500 \text{ kal/mol}$$

### Mustaqil yechish uchun masalalar.

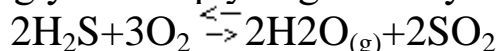
1.  $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}_{(g)}$  reaksiyaning 1000°C dagi issiqlik effekti hisoblansin. Moddalarning entalpiya qiymatlaridan foydalaning.

2. Azot bilan kislorod o'rtasida quyidagi reaksiya boradi:



Ushbu reaksiyaning 1000°C va normal bosimdagi issiqlik effekti hisoblansin. Reaksiyada ishtirok etuvchi moddalarning entalpiya qiymatlaridan foydalaning.

3. Vodorod sulfidning yonishi quyidagi reaksiya bo'yicha boradi:



Reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning hosil bo'lish issiqliklari va entalpiyalari qiymatlaridan foydalanib reaksiyaning 500°C dagi issiqlik effektini hisoblang.

4. Agar 25°C 0,5H<sub>2</sub> + 0,5Cl<sub>2</sub> = HCl reaksiyasining issiqlik effekti 92,55 kJ/molga teng bo'lsa, uning 1000°C dagi haroratga bog'liqlik qiymatini hisoblang. Keltirilgan reaksiyaning 727°C dagi Q<sub>p</sub> ning qiymatini hisoblang?

$$\text{Cl} = C_v = 23,90 + 0,002095 T \text{ J/mol}$$

$$\text{HCl} = C_v = 20,53 + 0,003771 T \text{ J/mol}$$

$$\text{H} = 18,86 + 0,002933 T \text{ J/mol}$$

5. 500 va normal bosimda entalpiya bo'yicha ammiakning hosil bo'lish reaksiyasining issiqlik effektini hisoblang.

6. Quyidagi reaksiyani entalpiya bo'yicha 1000K dagi issiqlik effektini hisoblang. Olingan qiymatni reaksiyaga kirishuvchi

moddalarning issiqlik sig'imi bo'yicha hisoblangandagi issiqlik effekti qiymati bilan taqqoslang?  $H_2 + 0,5O_2 = H_2O_{(bug')}$

7.  $CO + 2H_2 = CH_3OH_{(g)}$  tenglama bo'yicha boradigan reaksiya issiqlik effektini hisoblang. Reaksiyaga qatnashayotgan moddalarning haqiqiy molyar issiqlik sig'implari J/moldagi haroratga bog'liqligi quyidagicha tenglamalar orqali ifodalanadi.

$$CO = C_p = 28,41 + 4,10 \cdot 10^{-3} T - 0,46 \cdot 10^5 T^{-2}$$

$$H_2 = C_p = 27,28 + 3,26 \cdot 10^{-3} T + 0,502 \cdot 10^5 T^{-2}$$

$$CH_3OH = C_p = 15,28 + 105,2 \cdot 10^{-3} T$$

8.  $CaCO_3$  ning  $CaO$  va  $CO_2$  ga parchalanish issiqligi  $900^\circ C$  da  $178,3$  kJ/mol. Bu moddalarning issiqlik sig'implari bilan harorat orasidagi bog'lanish quyidagicha:

$$C_p^{CaCO_3} = 82,47 + 49,82 \cdot 10^{-3} T - 12,89 \cdot 10^5 T^{-2} \text{ J/grad} \cdot \text{mol}$$

$$C_p^{CaO} = 47,62 + 3,214 \cdot 10^{-3} T - 6,896 \cdot 10^5 T^{-2} \text{ J/grad} \cdot \text{mol}$$

$$C_p^{CO_2} = 11,20 + 10,96 \cdot 10^{-3} T - 4,896 \cdot 10^5 T^{-2} \text{ J/grad} \cdot \text{mol}$$

$CaCO_3$  ning parchalanish reaksiyasi issiqlik effektining haroratga bog'liqligini keltirib chiqaring va uning  $1000^\circ C$  dagi qiymatini hisoblang.

9. Suv hosil bo'lish reaksiyasi  $H_2 + 1/2O_2 = H_2O_{(g)}$  ning  $298K$  va doimiy bosimdagi issiqlik effekti  $\Delta H = -214,84$  kJ/mol. Quyida berilganlardan foydalanib, issiqlik effektining haroratga bog'liqligini keltirib chiqaring va  $1000K$  dagi reaksiya issiqlik effektini hisoblang.

$$C_p^{H_2} = 28,8 + 2,76 \cdot 10^{-4} T + 1,17 \cdot 10^{-6} T^2 \text{ J/grad} \cdot \text{mol}$$

$$C_p^{O_2} = 28,3 + 25,4 \cdot 10^{-4} T + 0,545 \cdot 10^{-6} T^2 \text{ J/grad} \cdot \text{mol}$$

$$C_p^{H_2O} = 28,8 + 137,5 \cdot 10^{-4} T - 1,435 \cdot 10^{-6} T^2 \text{ J/grad} \cdot \text{mol}$$

10.  $CO + 4H_2 \leftrightarrow CH_4 + 2H_2O_{(g)}$  reaksiyasi uchun issiqlik effektining haroratga bog'liqligi keltirib chiqaring va reaksiyaning  $1000K$  dagi issiqlik effekti hisoblansin. Standart sharoitda uglerod (II)-oksid  $CO$ , metan  $CH_4$  va suvning hosil bo'lish issiqliklari  $-393,51$ ;  $-74,85$  va  $-241,84$  kJ/mol. Haqiqiy issiqlik sig'imining haroratga bog'liqligi:

$$C_p^{CO} = 36,5 + 27,6 \cdot 10^{-3} T + 9,2 \cdot 10^{-6} T^2 \text{ J/mol}$$

$$C_p^{H_2} = 28,8 + 0,276 \cdot 10^{-3} T + 1,17 \cdot 10^{-6} T^2 \text{ J/mol}$$

$$C_p^{CH_4} = 14,15 + 75 \cdot 10^{-3} T - 17,54 \cdot 10^{-6} T^2 \text{ J/mol}$$

$$C_p^{H_2O} = 28,8 + 13,75 \cdot 10^{-3} T - 1,435 \cdot 10^{-6} T^2 \text{ J/mol}$$

### Termodinamikaning ikkinchi qonuni

#### Entropiya Termodinamik potentsiallar

Termodinamikaning I qonuni izolirlangan sistema energiyasining doimiyligini, energiyaning bir turdan ikkinchi turga ekvivalent miqdorda

o'tishini tasdiqlaydi, lekin jarayonning qaysi yo'nalishda o'z-o'zidan sodir bo'lishini tushuntira olmaydi.

Termodinamika II qonuni o'rganilayotgan sistemada berilgan sharoitda ( $T, P, C$  va  $\bar{\sigma}$ ) qaysi jarayon o'z-o'zidan sodir bo'lishini belgilab beradi. Bunda sistema qancha miqdorda ish bajaradi va qaysi oraliqda o'z-o'zidan sodir bo'lishini aniqlab beradi.

Termodinamika II qonunining bir nechta ta'rifi bor. Ulardan biri:

Issiqlik sovuq jismdan issiq jisimga o'z-o'zidan o'tmaydi. Yoki Berilgan issiqlikni to'raligicha ishga aylantira oladigan mashina II tur abadiy dvigatel qurib bo'lmaydi.

Har qanday issiqlik mashinasi isitgich va sovutgich haroratlari orasida farq bo'lgandagina ish bajara oladi.  $A = Q_1 - Q_2$ .

$Q_1$  – isitgichdan olingan issiqlik miqdori;

$Q_2$  – sovutgichga berilgan issiqlik miqdori.

Bajarilgan ishning isitgichdan olingan issiqlik miqdoriga nisbati foydali ish koeffitsienti deyiladi.

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

$T_1$  – isitgich harorati,  $T_2$  – sovutgich harorati

Demak, energiyaning istalgan shakli issiqlikka o'tishi mumkin, lekin issiqlik energiyasi boshqa turga to'liq o'tmaydi.

$\eta$  – har doim 1 dan kichik bo'ladi.

Ishga aylanmayotgan energiyani R. Klauzius “entropiya” deb atadi.

Izotermik qaytar jarayonda jisimga berilgan issiqlikning uning absolyut haroratiga nisbati entropiya deyiladi.

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$$

Entropiya modda holatining sodir bo'lish ehtimolligi va tartibsizlik bilan bog'liq.

$$\Delta S = K \ln W$$

$K$  – Boltsman doimiysi,  $W$  – holat ehtimolligi

$$\Delta S = K \ln \frac{2 - \text{holatdagi tartibsizlik}}{1 - \text{holatdagi tartibsizlik}}$$

Tartibsizlik qancha katta bo'lsa, entropiya ham katta bo'ladi. Suyuqlanish, bug'lanishda entropiya ortadi.

Jarayonda sistema entropiyasining o'zgarishi sistemaning boshlang'ich va oxirgi holatlariga bog'liq bo'lib, o'tish yo'liga bog'liq emas.

$$\Delta S = S_2 - S_1$$

Izobarik qaytar jarayon uchun  $\Delta S = \frac{\Delta H}{T}$

$\Delta H$  -fazoviy o'zgarishlar issiqligi.



$T$  - fazoviy o'zgarish sodir bo'ladigan harorat.

qaytmas jarayonlarda  $\Delta S > \frac{\Delta H}{T}$  bo'ladi.

Agar sistema izolirlangan bo'lsa  $\Delta Q = 0$ , demak  $\Delta S = 0$ . Entropiya o'zgarishi manfiy  $\Delta S < 0$  bo'ladigan jarayon o'z-o'zidan sodir bo'lmaydi. Bulardan xulosa qilib barcha jaryonlarni sinflash mumkin.

1.  $\Delta S > 0$  o'z-o'zidan boradigan tabiiy jarayon;
2.  $\Delta S < 0$  o'z-o'zidan bormaydigan jarayon;
3.  $\Delta S = 0$  qaytar jarayon, istalgan yo'nalishda boradi.

Yopiq sistemalarda jarayonning o'z-o'zidan sodir bo'lishini termodinamik potentsiallar belgilaydi. Bular:

Izobarik – izotermik potentsial  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$  (Gibbs energiyasi)

Izoxorik – izotermik potentsial  $\Delta F = U - T\Delta S$  (Gelmgolts energiyasi)

$A_p = -\Delta G$  va  $A_V = -\Delta F$ .

Bu potentsiallar sistemaning ish qobiliyatini belgilaydi, energiyaning ishga aylangan qisminin ko'rsatadi.

### Masala yechish namunalari

**1-masala.**  $140^\circ\text{C}$  da bug` olib,  $105^\circ\text{C}$  da bug` chiqarib ishlayotgan Karnoning ideal mashinasi foydali ish koeffitsientini hisoblang.

Yechish: Foydali ish koeffitsienti

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

$$T_1 = 140 + 273 = 413 \text{ K} \quad T_2 = 105 + 273 = 378 \text{ K}$$

$$\eta = \frac{413 - 378}{413} = 0,085 \text{ yoki } 8,5\%$$

**2-masala.**  $2\text{C}_{(\text{grafit})} + \text{H}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_{2(\text{g})}$  reaksiyaning  $\Delta S_{298}^\circ$  sini hisoblab, reaksiyaning borish ehtimolligini aniqlang.

Yechish: Gess qonuniga binoan jarayonning entropiya o'zgarishi

$$\Delta S_{298}^\circ = \sum(n\Delta S_{298}^\circ)_{oh.} - \sum(n\Delta S_{298}^\circ)_{boshl}$$

Entropiyaning standart qiymatlaridan foydalanib (Jadval 2)

$$\Delta S_{298}^\circ = \Delta S_{\text{C}_2\text{H}_2}^\circ - 2\Delta S_{\text{C}_{\text{grafit}}}^\circ - 2\Delta S_{\text{C}_{\text{grafit}}}^\circ - \Delta S_{\text{H}_2}^\circ = 200,8 - 2 \cdot 5,74 - 130,6 = 58,72 \text{ J/mol}$$

$\Delta S > 0$  bo'lganligi uchun berilgan reaksiya sodir bo'ladi.

**3-masala.** 15 g sirka kislotasining suyuqlanish haroratidan  $40^\circ\text{C}$  gacha qizdirganda entropiya o'zgarishini hisoblang. Sirka kislotaning erish harorati  $16,6^\circ\text{C}$ , erish issiqligi  $194 \text{ J/g}$ ,  $0 - 60^\circ\text{C}$  oraliqdagi issiqlik sig'imi  $C = 1,96 + 0,0039 \text{ (J/g} \cdot \text{grad)}$ .

Yechish: Umumiy entropiya o'zgarishi  $\Delta S$  erish vaqtidagi entropiya o'zgarishi va berilgan haroratgacha qizdirilgandagi o'zgarishi yig'indisiga teng.

$$\Delta S = \Delta S_{er} + \Delta S_2$$

$$\Delta S = \frac{\Delta H}{T} \quad T_{suyuq} = 16,6 + 273 = 289,6 \text{ K}$$

$$\Delta S_{er} = \frac{194}{289,6} = 0,6699 \text{ J/g} \cdot \text{grad}.$$

15g  $\text{CH}_3\text{COOH}$  uchun  $\Delta S_{erish} = 15 \cdot 0,6699 = 10,05 \text{ J/g} \cdot \text{grad}$ .

$\Delta S_2$  ni topish uchun  $40^\circ\text{C}$  dagi solishtirma issiqlik sig'imini hisoblaymiz.  $C_p^{40} = 1,96 + 3,9 \cdot 10^{-9} \cdot 40 = 2,116 \text{ J/g} \cdot \text{grad}$ .

Izobar jarayon uchun

$$\Delta S_2 = C_p \ln \frac{T_2}{T_1} = 2,116 \cdot 15 \cdot 2,31 \lg \frac{273+40}{273+16,6} = 73,0021 \lg 1,081 = 73,002 \cdot 0,0338 = 2,47 \text{ J/g} \cdot \text{grad}$$

**4-masala.** 42 g azotni  $150^\circ\text{C}$  dan  $20^\circ\text{C}$  gacha sovutganda bosim  $5 \cdot 10^5$  dan  $2,5 \cdot 10^6$  Pa gacha ortadi. Issiqlik sig'imi  $c_p = 1,039 \text{ J/g} \cdot \text{grad}$  bo'lsa, entropiya o'zgarishini hisoblang.

Yechish: Entropiya o'zgarishini hisoblash uchun

$$\Delta S = nR \ln \frac{P_1}{P_2} + nC_p \ln \frac{T_2}{T_1} \text{ formuladan foydalanamiz.}$$

$$T_1 = 273 + 150 = 423 \text{ K} \quad T_2 = 273 + 20 = 293 \text{ K}$$

Molyar issiqlik sig'imi  $C_p = M \cdot c_p' = 28 \cdot 1,039 = 29,09 \text{ J/g} \cdot \text{grad}$ .

Mollar sonini hisoblaymiz

$$n = \frac{m}{M} = \frac{42}{28} = 1,5 \text{ mol}$$

$$\Delta S = 1,5 \cdot 2,3 \left( 8,3141 \lg \frac{5 \cdot 10^5}{2,5 \cdot 10^6} + 29,09 \lg \frac{293}{423} \right) = -20,63 \text{ J/grad}$$

(-)ishora gaz sovutilganda entropiya kamayishini ko'rsatadi. ( $S_1 > S_2$ ).

**5-masala.**  $\text{Fe}_2\text{O}_{3(q)} + 3\text{H}_{2(g)} = 2\text{Fe}_{(q)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(g)}$  reaksiya uchun standart sharoitda entropiya o'zgarishi  $\Delta S^\circ$  va izobar-izotermik potentsial o'zgarishi  $\Delta G^\circ$  hisoblansin va reaksiyaning o'z-o'zicha ketishi ehtimolligi aniqlansin.

Yechish:  $\Delta S^\circ$  va  $\Delta G^\circ$  larning qiymatini Gess qonuniga binoan hisoblaymiz.  $\Delta S^\circ = 2\Delta S_{Fe}^\circ + 3\Delta S_{H_2O}^\circ - \Delta S_{Fe_2O_3}^\circ - 3\Delta S_{H_2}^\circ =$

$$= 2 \cdot 27,15 + 3 \cdot 188,74 - 89,66 - 3 \cdot 130,6 = 138,76 \text{ J/mol} \cdot \text{grad}.$$

$$\Delta G_T^\circ = 2\Delta G_{Fe}^\circ + 3\Delta G_{H_2O}^\circ - \Delta G_{H_2}^\circ = 2 \cdot 0 + 3(-228,8) - (-740,99) - 3 \cdot 0 = 54,59 \text{ kJ/mol}$$

$S^\circ$  va  $\Delta G^\circ$  qiymatlarini jadval 2 dan olamiz.  $\Delta G^\circ > 0$  bo'lganligi uchun standart sharoitda ( $T = 101325 \text{ Pa}$ ) reaksiya o'z-o'zidan ketmaydi.

**6-masala.**  $2\text{NO}_2 = \text{N}_2\text{O}_4$  reaksiya uchun

- a) standart izobar potentsialning o'zgarishini  
 b) 0°C dagi izobar potentsialning o'zgarishini  
 v) 100°C izobar potentsialning o'zgarishini  
 g) gazlar aralashmasi muvozanatda turishi mumkin bo'lgan haroratni aniqlang.

$\Delta H^\circ$  va  $\Delta S^\circ$  qiymatlarini jadvaldan oling.

Yechish: a) 298 K da entalpiya o'zgarishi

$$\Delta H_{298}^\circ = \Delta H_{N_2O_4}^\circ - 2\Delta H_{NO_2}^\circ = 9,66 - 2 \cdot 33,85 = -58 \text{ kJ/mol}$$

Entropiya o'zgarishini Gess qonuni bo'yicha hisoblaymiz.

$$\Delta S_{298}^\circ = \Delta S_{N_2O_4}^\circ - 2\Delta S_{NO_2}^\circ = 304,3 - 2 \cdot 240,76 = 176,6 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

Entalpiya va entropiya o'zgarishlarini bilgan holda 298K da izobar potentsial o'zgarishini hisoblaymiz.

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

$$\Delta G_{298}^\circ = \Delta H_{298}^\circ - T\Delta S_{298}^\circ = -58040 - 298 \cdot (-176,6) = -5413,2 \text{ J} = -5,41 \text{ kJ.}$$

$\Delta G < 0$  ekanligi 298K da reaksiya o'ngga borishini ko'rsatadi.

b)  $\Delta H_{298}^\circ$  va  $\Delta S_{298}^\circ$  larni yuqorida ko'rsatilgandek hisoblaymiz.  $\Delta G$  esa

$$\Delta G_{273}^\circ = -58040 - 273 \cdot (-176,6) = -9828,2 \text{ J}$$

$\Delta G_{273}^\circ < 0$ ; reaksiya dimer hosil bo'ladigan tomonga boradi (Le-Shatele printsiipi)

b) 100 °C ya'ni 373K da  $\Delta G$

$$\Delta G_{373}^\circ = -58040 - 373 \cdot (-176,6) = 7831,8 \text{ J}$$

$\Delta G > 0$  reaksiya azot(IV)-oksid hosil bo'lishi tomonga ketadi.

g) aralashmaning dastlabki tarkibida  $P_{NO_2} = P_{N_2O_4}$  tenglik o'zgartirganda ya'ni  $\Delta G = 0$  bo'lgandagi haroratni hisoblaymiz.

$\Delta G = 0$  da  $\Delta H^\circ = T\Delta S$ . Undan

$$T = \frac{\Delta H^\circ}{\Delta S^\circ} = \frac{-58040}{-176,6} = 328,65 \text{ K} = 55,65 \text{ °C}$$

55,65°C da aralashma muvozanatda bo'ladi. Undan baland haroratda reaksiya azot (IV)-oksid hosil bo'lish tarafga, past haroratda dimer hosil bo'lish tarafga ketadi.

**7-masala.** 298K da havoda kislorod hosil bo'lishining izobar-izotermik potentsiali o'zgarishi hisoblansin. Kislorodning havodagi partsial bosimi 0,21 atm.

Yechish:  $\Delta G_T = \Delta G_T^\circ + RT \ln P$  tenglamadan foydalanamiz. Kislorod uchun  $\Delta G_{298}^\circ = 0$  bo'lgani uchun

$$\Delta G_T = RT \ln P = 8,31 \cdot 298 \cdot 2,3 \cdot \lg 0,21 = -3866,6 \text{ J/mol}$$

Shunday qilib, kislorod hosil bo'lishi bilan boradigan har qanday reaksiya 1 atm bosimdan ko'ra atmosfera bosimida ketadi.

**8-masala.** Kimyoviy reaksiyada ichki energiya o'zgarishini hisoblash. Quyidagi sistema uchun  $\Delta H^{\circ}_{298}$  va  $\Delta U$  larni aniqlang:  $2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} (\text{g}) = 4\text{HCl} (\text{g}) + \text{O}_2$ .  $\Delta H^{\circ}_{298}(\text{H}_2\text{O}) = -241,84 \text{ kJ/mol}$ ,  $\Delta H^{\circ}_{298}(\text{HCl}) = 92,3 \text{ kJ/mol}$ .

Yechish. Ichki energiya  $\Delta U$  va entalpiya  $\Delta H$  quidagicha munosabatda bog'liq:

$$\Delta U = \Delta H - \Delta nRT,$$

bu yerda  $\Delta n$  – gazsimon reaksiya mahsulotlari va boshlang'ich moddalar mol sonining o'zgarishi ( $\Delta n = \sum n_{\text{mahs.}} - \sum n_{\text{bosh.mod.}}$ );

$\Delta H = 4\Delta H^{\circ}_{298 \text{ HCl}(\text{g})} - 2\Delta H^{\circ}_{298 \text{ H}_2\text{O}(\text{g})} = 4(-92,3) - 2(-241,84) = -369,2 + 483,68 = 114,48 \text{ kJ}$ ;  $\Delta n = 5 - 4 = 1$ ;  $R = 8,3144 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ ;  $T = 298\text{K}$ .

Reaksiya uchun ichki energiya o'zgarishini topsak:

$$\Delta U = 114,48 - 1 \cdot 8,3144 \cdot 298 \cdot 10^{-3} = 112,0 \text{ kJ}.$$

Demak sistema ichki energiyasi 112,0 kJ ga oshadi

**9-masala.** 11.2 l azot 0 dan 50 °C gacha qizdirilgan bir vaqtda bosim 1 dan 0.01 atm gacha kamaygan, entropiya o'zgarishini toping.

Yechish. Azot uchun  $C_p = 29.125 \text{ J/K}\cdot\text{mol}$ .

$$\Delta S = C_p \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{P_1}{P_2} = 29.125 \cdot \ln \frac{323}{273} + 8.314 \ln 100 = 43.2 \text{ J/K}\cdot\text{mol}$$

$$\Delta S \cdot n = 43.2 \cdot 0.5 = 21.6 \text{ J/K}$$

**10-masala.** Massasi  $m = 1 \text{ kg}$  muzning eritish paytida  $\Delta S$  o'zgarishini toping ( $t = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )

$$\text{Yechish. } \Delta S = \frac{m\lambda}{T} = \frac{335 \cdot 1000}{273} = 1227.11 \text{ J/K}$$

### Mustaqil yechish uchun masalalar.

1. 1 mol ruxni 20°C da suyultirilgan sulfat kislotada eritilsa 143,1 kJ issiqlik ajraladi. Shu bilan birga 1 mol vodorod ajralib, tashqi bosimga qarshi ish ham bajariladi. Ichki energiya o'zgarishini aniqlang.

2. 90 g suv 100°C da bug'langanda ichki energiya 188,1 kJ ga oshdi. Suv bug'ining nisbiy hajmi 1,699 l/g ga, bosimi esa  $1,0133 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  (1 atm) ga teng. Suv bug'ining hosil bo'lish issiqligini (kJ/mol) aniqlang.

3. Agar  $\text{CH}_3\text{COOH}$  suyuqlanish harorati 16,6°C, suyuqlanish issiqligi 194 J/g bo'lsa, 3 mol sirka kislotasining suyuqlanishida entropiyaning o'zgarishini hisoblang.

4. Agar suvning molyar issiqligi 25°C haroratda 44,08 J/mol ga teng bo'lsa, shu haroratda 250 g suv bug'lanishida entropiyaning o'zgarishini hisoblang.

5. Brombenzolning 429,8 K da bug'lanish issiqligi 241,0 J/g ga teng. 1m25 mol brombenzolning bug'lanishida  $\Delta S$  ni aniqlang.

**6.** 100 g misning suyuqlanishidagi entropiyaning o'zgarishi 1,28 J/K ga teng. Agar misning suyuqlanish harorati 1083°C bo'lsa, misning suyuqlanish nisbiy issiqligini aniqlang.

**7.** 350 va 50°C oralig'ida ishlovchi karnoideal mashinasi sikl bo'yicha 33,52 kJ bajaradi. Shu siklda qancha miqdor issiqlik mashinaga beriladi va issiqlik qabul qilgichga uzatiladi.

**8.** 350 va 50°C harorat oralig'ida ishlaydigan Karno mashinasi 1 siklda 33,52 J ish bajaradi. Bu vaqtda mashinaga qancha issiqlik berish kerak va qancha issiqlik ajralib chiqadi?

**9.** Karnoning qaytar siklida 0°C da isitgichdan 419kJ issiqlik olinib, sovutgichga 77°C harorat bilan beriladi. Bu sikl sodir bo'lishi uchun qancha ish bajarish kerak?

**10.** Vodorod va kislorodning suv hosil qilib ta'sirlashuvida (20°C da) 1 mol vodorodga nisbatan 286,2 kJ issiqlik ajraladi. Sistema uchun  $\Delta U$  qiymatini toping.

### III BOB. FAZALARARO MUVOZANAT TERMODINAMIKASI.

#### Gibbsning fazalar qoidasi

Geterogen sistemalarda fazalar bir-biriga o'tib turishi (agregat holatlarining o'zgarishi, qattiq moddalarning erishi, suyuqlikning bug'lanishi va boshqalar) yoki kimyoviy reaksiya sodir bo'lishi mumkin. Bunday sistemalarda yuzaga keladigan muvozanat fazalararo muvozanat deyiladi.

Geterogen sistemaning boshqa qismlardan chegara sirt bilan ajralgan, bir xil tarkib, bir xil fizik va kimyoviy xossalarga ega bo'lgan qismi faza deyiladi. Masalan, o'ta to'yingan eritma 3 ta fazadan iborat: suv bug'i, eritma va tuz kristallari.

Sistemadan ajralgan holda uzoq vaqt tura oladigan modda xillari tarkibiy qism deyiladi. Masalan, osh tuzi eritmasida 2 ta komponent suv va natriy xlor tarkibiy qism hisoblanadi.

Sistemaning barcha fazalarini kimyoviy tarkibini xarakterlay oladigan modda xillarining eng kichik soni komponentlar soni deyiladi. Fizikaviy sistemalarda komponentlar soni tarkibiy qismlar soniga teng bo'ladi. Kimyoviy sistemalarda komponentlar soni tarkibiy qismlar sonidan sistemada borayotgan reaksiya sonini ayirib topiladi.

$\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$  reaksiyada tarkibiy qism uchta ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{CO}_2$ ), komponentlar soni 2 ga teng.  $K = 3 - 1 = 2$ .

Erkinlik darajasi sistemaning mustaqil o'zgaruvchi parametrlarini bildiradi. Lekin ular o'zgarganda sistemadagi fazalar soni o'zgarishdan qolishi kerak. 1876 yilda Gibbs geterogen sistemalardagi muvozanat yuzaga kelishi shartini ifodalovchi qoidani ta'rifladi. Unga ko'ra: muvozanatda turgan ko'p komponentli geterogen sistemada erkinlik darajasi komponentlar sonidan fazalar sonining ayirmasi plyus ikkiga teng.

$$F = K - \phi + 2.$$

F - erkinlik darajasi, K - komponentlar soni,  $\phi$  - fazalar soni

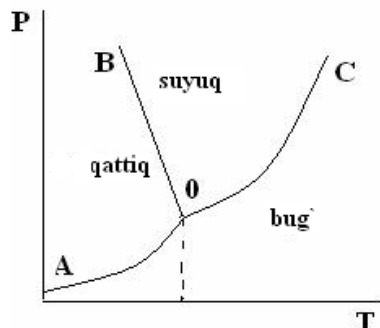
2 - harorat va bosim

Kondensirlangan sistemalarda ( $P$ -const) faqat harorat hisobga olinadi va fazalar qoidasi  $F = K - \phi + 1$ .

Gibbsning fazalar qoidasi fizik-kimyoviy tahlil usullarining yaratilishiga asos bo'ldi.

Fizik-kimyoviy tahlil usullarida eritma yoki qotishmaning biror-bir fizik xossasi (zichligi, qovushqoqligi, suyuqlanish harorati, bug' bosimi, sirt tarangligi, elektr o'tkazuvchanligi, sindirish ko'rsatkichi va b.) bilan tarkibi orasidagi bog'lanish o'rganiladi. Sistemaning tarkibi bilan uning suyuqlanish (kristallanish) harorati orasidagi bog'lanishni termik tahlil

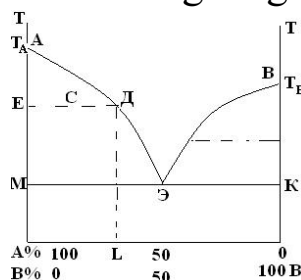
usuli o'rganadi. Olingan natijalar asosida "tarkib - suyuqlanish harorati" diagrammasi tuziladi. Bu usul sistema qanday sharoitda qaysi tarkib va miqdorda mavjud bo'la olishini aniqlab beradi. Bir komponentli sistemalarda mustaqil o'zgaruvchi parametr sifatida harorat va bosim olinadi.



AO chizig'i "qattiq – bug" muvozanati  
 OB chizig'i "qattiq-suyuqlik" muvozanati  
 OC chizig'i "suyuqlik-bug" muvozanatini ifodalaydi.

0 nuqtada uchta faza (qattiq, suyuq, bug') mavjud.

Suyuq holda bir-birida cheksiz aralashadigan, qattiq holda aralashmaydigan ikki komponentdan iborat kondensirlangan sistemalarning diagrammasi rasmda keltirilgan.



$T_A$  va  $T_B$  – A va B moddalarning suyuqlanish harorati.

AЭB – likvidus chizig'i

MЭK – solidus chizig'i

Likvidusdan yuqorida bitta suyuq faza bor.

AЭ chizig'i va AMЭ sohada 2 ta faza A ning kristali va suyuq qotishma bor. BЭ chizig'i va BЭK sohada B ning kristali va suyuq qotishma, ya'ni 2 ta faza mavjud. C nuqtada A ning kristall tarkibi L nuqtaga mos keladigan suyuq qotishma bor.

Bu nuqtada fazalar massalari nisbatini "richag qoidasi" bo'yicha aniqlanadi. Unga binoan:

$$\frac{A_{kristal\ massasi}}{suyuq\ qotishma\ massasi} = \frac{CD}{EC}$$

E nuqtada uchta faza muvozanatda turadi (suyuq, qotishma, A ning kristali va B ning kristali. MЭK chizig'idan pastda 2 ta faza A va B kristallarining mexanik aralashmasi.

### Masala yechish namunalari

**1-masala.** Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>ning suvdagi to'yingan eritmasi uchun erkinlik darajasini hisoblang.

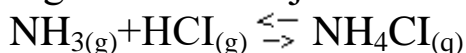
Yechish: Sistemada kimyoviy reaksiya bormayotganligi sababli komponentlar soni tarkibiy qismlar soniga: Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> va H<sub>2</sub>O ya'ni 2 ga

teng. Suyuq va bug' holatdagi suv va qattiq  $Mg(NO_3)_2$ , ya'ni 3 ta faza muvozanatda turibdi. Gibbsning fazalar qoidasidan foydalanib

$$F=K-\Phi+2=2-3+2=1$$

Sistemaning erkinlik darajasi 1 ga teng, ya'ni monovariantli. Shuning uchun faqat 1 ta parametrni ma'lum chegarada o'zgartirish mumkin.

**2-masala.** Moddalarining 1 ta fazadagi konsentratsiyalari bir xil bo'lgan, lekin bir-biri bilan quyidagi reaksiya bo'yicha ta'sirlashadigan sistemaning erkinlik darajasi sonini hisoblang.



Yechish: Komponentlar sonini topish uchun tarkibiy qismlar sonidan sistemada sodir bo'layotgan kimyoviy reaksiyalar sonini ayirib tashlaymiz. Komponentlar soni 1 ga teng, chunki muvozanat vaqtida gaz fazada moddalar quyidagi 2 ta tenglama orqali bog'langan.  $C_{NH_3} = C_{HCl}$  va  $K_c = C_{NH_3} \cdot C_{HCl}$

Gaz fazada  $NH_4Cl$  yo'q, chunki u uchganda  $NH_3$  va  $HCl$  ga to'la parchalanadi. Fazalar soni 2 ga (qattiq va gaz) teng. Demak,

$$F=K-\Phi+2=1-2+2=1$$

Monovariantli sistema.

**3-masala.** Qotishma tarkibida 40% va 60% Sb bor. 783g evtektik qotishmada 423g qo'rg'oshin bor. Evtektikaning tarkibini hisoblang.

Yechish: Evtektika - 2 la komponentining mayda kristallaridan iborat bir jinsli bo'lmagan mexanik aralashma. 783g qotishmadagi har qaysi metallning massasini hisoblaymiz.

$$m_{Pb}=783 \cdot 0,4=313,2 \text{ g} \quad m_{Sb}=783 \cdot 0,6=469,8 \text{ g}$$

Evtektik qotishma massasi

$$783-423=360 \text{ g}$$

Shunday qilib, evtektika tarkibida 313,2 g Pb va

$$360-313,2=46,8 \text{ g Sb bor.}$$

Evtektikaning % tarkibini aniqlaymiz.

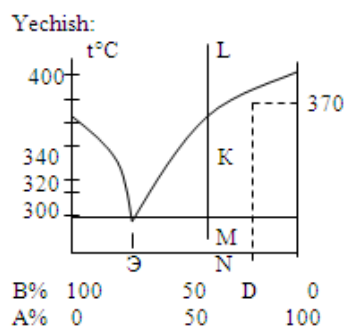
$$Pb\% = \frac{313,2}{360} \cdot 100 = 87; \quad Sb\% = \frac{46,8}{360} \cdot 100 = 13$$

**4-masala.** A va B moddalardan iborat 2 komponentli sistema erish diagrammasi berilgan.

a) 300 g evtektik qotishma tarkibida 40% A modda bor. Qotishma  $370^\circ C$  da kristallana boshlashi uchun evtektik qotishmaga yana qancha A modda qo'shish kerak?

b) 60% A va 40% B dan iborat qotishma  $400^\circ C$  dan  $240^\circ C$  gacha sovutilganda nechta faza hosil bo'ladi? Shu hol uchun erkinlik darajasini hisoblang.





c) 370°C da kristallana boshlaydigan qotishma tarkibida 80 % va 20 % B (D nuqta) modda bor.

Berilgan qotishmaga qo'shilishi kerak bo'lgan A moddaning miqdorini X bilan belgilaymiz. Unda 370°C da kristallana boshlaydigan qotishma tarkibi

$$80 = \frac{300 \frac{40}{100} + X}{300 + X} \cdot 100 = \frac{120 + X}{300 + X} \cdot 100; \quad X = 600 \text{ g}$$

d) 60% A va 40% B tarkibli qotishmaga LKMN ordinata to'g'ri keladi. Bu qotishmaning sovushida fazalar soni va erkinlik darajasining o'zgarishini L, K, M, N nuqtalarda ko'ramiz. L nuqtada-suyuq faza. Erkinlik darajasi

$$F = K - \phi + 1 = 2 - 1 + 1 = 2$$

Sistemaning tarkibi va haroratini ixtiyoriy o'zgartirish mumkin. K nuqtada ( $t = 340^\circ\text{C}$ ) A modda kristallana boshlaydi, bu nuqtada 2 ta faza: suyuq qotishma va A ning kristallari. Erkinlik darajasi

$$F = 2 - 2 + 1 = 1$$

Har bir haroratga ma'lum tarkib to'g'ri keladi.

M nuqtada ( $t = 270^\circ\text{C}$ ) evtektik qotishma kristallana boshlaydi va qotadi. M nuqtada 3 ta faza: suyuq qotishma A ning kristallari va evtektika bor. Erkinlik darajasi  $F = 2 - 3 + 1$  xarorat va tarkib ma'lum qiymatga egaligini ko'rsatadi.

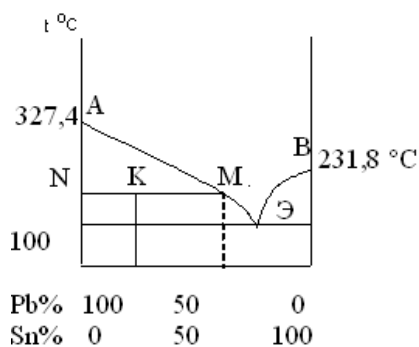
N nuqtada ( $t = 240^\circ\text{C}$ ) qattiq fazaning sovushi davom etadi. N nuqtada 2 ta faza: A ning kristallari va evtektika. Erkinlik darajasi

$$F = 2 - 2 + 1 = 1$$

Har bir haroratga ma'lum tarkib mos keladi.

**5-masala.** 200°C da 70% Pb va 30% Sn dan iborat sistemaning suyuq va qattiq fazalarining tarkibini aniqlang. 200°C da 4 kg qotishmadan ajralib chiqqan qattiq fazaning massasi qancha?

Yechish: Erish diagrammasida berilgan tarkib va haroratga K nuqta to'g'ri keladi. K nuqtadan absissalar o'qiga parallel qilib AE chiziq bilan kesishadigan va ordinata o'qiga parallel qilib toza Pb miqdoriga to'g'ri keladigan chiziqlar o'tkazamiz.



M nuqta suyuq fazaning tarkibiga N nuqta esa qattiq faza tarkibiga to'g'ri keladi. Suyuq fazaning tarkibi 60 % Sn va 40 % Pb. Qattiq faza toza qo'rg'oshindan iborat. Qattiq fazaning massasi  $m_q$  va suyuq fazaning massasi  $m_c$  shu haroratda aniqlanadi:

$$\frac{m_q}{m_s} = \frac{KM}{NK}$$

Qotishmaning umumiy massasi 4 kg bo'lsa,  $m_s = 4 - m_q$ .

Yelkarni % larda ifodalaymiz.

$$KM = 30\% \quad NK = 30\%$$

$$\frac{m_q}{4 - m_s} = \frac{30}{30}; \quad m_q = 4 - m_q \quad 2 m_q = 4 \quad m_q = 2;$$

Shunday qilib, 200°C da 4 kg qotishmadan 2 kg qo'rg'oshin qattiq holda ajralib chiqadi.

**6-masala.** Fazaviy o'tishda ichki energiyaning o'zgarishini hisoblash. 250 g suvni 20°C da bug'lanishida ichki energiya o'zgarishini aniqlang. Bunda suv bug'i ideal gaz qoninlariga amal qiladi. Suyuqlik hajmini bug' hajmiga nisbatan hisobga olinmasligi mumkin. Suv bug'i hosil bo'lish nisbiy issiqligi 2451 J/g.

Yechish. Suv bug'langan  $H_2O(s) \rightarrow H_2O(g)$  holat uchun  $\Delta n = 1$ . Suv bug'i hosil bo'lish issiqligi  $\Delta H$  ni topsak:  $2451 \text{ J/g} \cdot 18 \text{ g/mol} = 44118 \text{ J/mol} = 44,12 \text{ kJ/mol}$ .

Ichki energiya o'zgarishini aniqlashda bug'lanayotgan suv mollar soni ( $250/18 = 13,89$ ) hisobga olinadi:  $\Delta U = (44,12 - 1 \cdot 8,3144 \cdot 293 \cdot 10^{-3}) 13,89 = 579,0 \text{ kJ}$ .

Demak, sistema ichki energiyasi 579,0 kJ ga oshadi.

**7-masala.** Gibbs energiyasi oz'garish qiymatiga asoslanib kimyoviy reaksiya borish yo'nalishini aniqlash. Agar reaksiyaga kirishuvchi moddalar standart sharoitda olingan bo'lsa, quyidagi reaksiya qaysi yo'nalishda boradi:  $SiO_2(q) + 2NaOH(e) = Na_2SiO_3(q) + H_2O(s)$ ,

$$\Delta G_{f,298, SiO_2(q)}^\circ = -803,75 \text{ kJ/mol}; \quad \Delta G_{f,298, NaOH(e)}^\circ = -419,5 \text{ kJ/mol};$$

$$\Delta G_{f,298, Na_2SiO_3(q)}^\circ = -1427,8 \text{ kJ/mol}; \quad \Delta G_{f,298, H_2O(s)}^\circ = -237,5 \text{ kJ/mol}?$$

Yechish. Gibbs energiyasini o'zgarishini aniqlash uchun mahsulotlar  $\Delta G_f^\circ$  qiymatlari yig'indisidan reaksiyaga kirishuvchi moddalar uchun tegishli  $\Delta G_f^\circ$  qiymatlari yig'indisini ayiriladi.

$$\Delta G^{\circ} = \sum_{i=1}^{NP} \nu_i \Delta G_{f,i}^{\circ} - \sum_{j=1}^{NI} \nu_j \Delta G_{f,j}^{\circ}; \text{ tenglamadan}$$

$$\Delta G_{298}^{\circ} = \Delta G_{f,298,Na_2SiO_3(q)}^{\circ} + \Delta G_{f,298,H_2O(s)}^{\circ} - \Delta G_{f,298,SiO_2(q)}^{\circ} - 2 \Delta G_{f,298,NaOH(e)}^{\circ} = -1427,8 + (-237,5) - (-803,75) - 2(-419,5) = 22,55 \text{ kJ.}$$

Agar  $\Delta G < 0$  bo'lsa, ko'rsatilgan sharoitda kimyoviy reaksiya borishi mumkin. Agar  $\Delta G = 0$  bo'lsa, sistema kimyoviy muvozanat holatida bo'ladi. Agar  $\Delta G > 0$  bo'lsa, berilgan sharoitda kimyoviy reaksiya faqatgina teskari tomonga (yo'nalgan) borishi mumkin. Bu masalada  $\Delta G_{298}^{\circ} = -22,55 \text{ kJ}$ ;  $\Delta G_{298}^{\circ} < 0$ . Demak standart sharoitda kechishi mumkin.

**8-masala.** Kimyoviy reaksiyalarda entropiya o'zgarishini aniqlash. Standart sharoitda quyidagi kimyoviy reaksiya uchun entropiya o'zgarishini aniqlang:  $2C \text{ (grafit)} + 3H_2 \text{ (g)} \rightarrow C_2H_6 \text{ (g)}$ . Kimyoviy reaksiyada ishtirok etadigan moddalar entropiyalari:

$$S_{298,C(\text{grafit})}^{\circ} = 5,74, S_{298,H_2(g)}^{\circ} = 130,6 \text{ va } S_{298,\tilde{N}_2H_6(g)}^{\circ} = 229,5 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}.$$

Yechish. Kimyoviy reaksiyada entropiya o'zgarishini aniqlash uchun mahsulotlar entropiya qiymatlari yig'indisidan reaksiyaga kirishuvchi moddalar uchun tegishli entropiya qiymatlari yig'indisini ayiriladi:

$$\Delta S^{\circ} = \sum_{i=1}^{NP} \nu_i S_i^{\circ} - \sum_{j=1}^{NI} \nu_j S_j^{\circ}.$$

Reaksiya uchun:

$$\Delta S_{298}^{\circ} = S_{298,\tilde{N}_2H_6(g)}^{\circ} - 2 S_{298,C(\text{grafit})}^{\circ} - 3 S_{298,H_2(g)}^{\circ} = 229,5 - 2 \cdot 74 - 3 \cdot 130,6 = -173,78 \text{ J/K.}$$

**9-masala.** Fazaviy o'tishda entropiyaning o'zgarishini aniqlash.

Qo'rg'oshinning suyuqlanish nisbiy issiqligi 23040 J/kg ga teng. Uning suyuqlanish harorati 327,4°C. 250 g qo'rg'oshinning suyuqlanishida entropiya o'zgarishini toping.

Yechish. Moddaning bir agregat holatdan boshqasiga o'tishida entropiyaning o'zgarishi quyidagicha aniqlanadi:  $\Delta S = \Delta H/T$ , bu yerda  $\Delta H$  – teskari fazaviy o'tish issiqligi; T – fazaviy o'tish mutlaq (absolyut) harorati.

Entropiya o'zgarishini aniqlashda fazaviy aylanishga uchrayotgan moddaning massasini hisobga olish zarur. 250 qo'rg'oshinning suyuqlanish issiqligi:  $23040 \cdot 0,25 = 5760 \text{ J}$ . Suyuqlanish mutlaq (absolyut) issiqligi:  $327,4 + 273,0 = 600,4 \text{ K}$ .

Qo'rg'oshinning 250 g massasi suyuqlanishida entropiyaning o'zgarishi:  $\Delta S = 5760/600,4 = 9,59 \text{ J/K}$

**10-masala.** 25 ° C da suyuq va gazsimon suvning  $\Delta_f G^\circ$  lari mos ravishda  $-237,129$  va  $-228,572 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ . 25 ° C da suv bug'ining bosimini hisoblang.

$$\text{Yechish. } \frac{P}{P_0} = \exp\left(-\frac{\Delta G}{RT}\right); \quad P = P_0 \exp\left(-\frac{\Delta G}{RT}\right)$$

$$P = 1 \cdot \exp\left(-\frac{-228.572 + 237.129}{8.314 \cdot 298}\right) = 0.032 \text{ atm}$$

### Mustaqil yechish uchun masalalar

1. 30 % li Sn saqlovchi Pb 500 kg qotishmasi olingan evtektik (·) da qaysi faza va qanday miqdorda kristall ko'rinishda bo'ladi (·) da Sn ning miqdori 61,9 % (6-rasm) ni tashkil etadi.

2.  $\text{KNO}_3$  va  $\text{NaCl}$  suvda eritilganda va suyuqlantirilganda quyidagicha reaksiya borishi mumkin.  $\text{KNO}_3 + \text{NaCl} = \text{KCl} + \text{NaNO}_3$

Agar  $\text{KNO}_3$  va  $\text{NaCl}$  eritmasi suv bug'lari va  $\text{KNO}_3$  kristallari bilan muvozanarda turgan bo'lsa, sistemaning erkinlik darajasi qiymatini aniqlang?

3. 60 % li Pb dan iborat Pb ning Sb bilan suyuq qotishmasidan 2,5 kg berilgan. Agar evtektik qotishma 13 % Sb saqlasa qotishmani to'liq qotgunicha sovitilgandagi hosil bo'lgan evtektika miqdorini aniqlang? Sb - Pb holat diagrammasidan foydalanib 3 kg 40 % li Pb saqlovchi suyuq qotishmani 430°C gacha sovutilganda kristallga tushadigan Sb miqdorini hisoblang.

4. Sb va Pb ning evtektik qotishmasida massa jihatdan 13% Sb bor. Agar 10 kg suyuq qotishmani (massa jihatdan 10% Sb saqlovchi) to'liq qotgunicha sovitilganda kristall holdagi qotishmada qaysi metallardan va qancha miqdorda bo'ladi?

5. Muvozanatda turgan 2 va 3 komponentli sistemalardagi erkinlik darajasi va fazalar sonining maksimal qiymatini toping?

6. Muvozanatda turgan 3 komponentli sistemadagi erkinlik darajasi va fazalar sonining yuqori qiymatini toping?

7. Toza uchuvchan bo'lmagan metallning sovish diagrammasi bo'yicha sistemaning AB, BC, va CD qismlaridagi erkinlik darajasi qiymatini aniqlang.

8. Massa jihatidan 5% Sb saqlovchi Pb qotishmasining sovish diagrammasi bo'yicha sistemaning AB, BC, CE va ED qismlaridagi erkinlik darajasi qiymatini toping?

9. Quyidagi tarkibiy qismlardan iborat sistemaning erkinlik darajasi qiymatini toping?

- a)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  eritmasi, muz kristallari va suv bug'lari
- b)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  eritmasi, muz kristallari va  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
- c)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  eritmasi va  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  kristallogidрати  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  kristali va suv bug'lari

d)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  eritmasi va suv bug'lari

10. Quyidagi muvozanatdagi sistema uchun erkinlik darajasi qiymatini aniqlang?



$\text{FeO} = 2\text{Fe} + \text{O}_2$  olingan natijalarni qanday talqin qilish mumkin?

### Klauzius – Klapeyron tenglamasi

Toza modda bilan uning to'yingan bug' bosimi orasidagi muvozanat eng sodda geterogen muvozanatga misol bo'ladi. Bu muvozanat to'yingan bug' bosimining haroratga bog'liqligi egrisi ko'rinishida grafik usulda ifodalanadi. Yopiq idishda  $T = \text{const}$ da ma'lum miqdordagi modda bilan muvozanatda turgan bug'ning bosimi to'yingan bug' bosimi deyiladi.

Qattiq modda ustidagi to'yingan bug' bosimining haroratga bog'liqlik egrisi sublimatsiya egrisi bo'lib, uning shakli bug'lanish egrisiga o'xshash bo'ladi. Bir komponentli ikki fazali sistemalar uchun bu egrilar Klauzius-Klapeyron tenglamasi bilan ifodalanadi.

$$\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta H}{T(V_2 - V_1)} \quad (1)$$

$\frac{dP}{dT}$  - bosimning haroratga bog'liqligi;

$\Delta H$  – fazalararo o'tish issiqlik effekti;

$V_1, V_2$  - mavjud fazalarning molyar hajmlari.

Bunda  $V_2$  - yuqoriroq haroratdagi fazaning hajmi.

Bug'lanish va sublimatlanishda suyuq va qattiq fazaning hajmi bug' hajmiga nisbatan juda kichik bo'lganligi uchun ( $V_{\text{bug}'} \gg V_q, V_s$ ).

$\Delta V = V_2 - V_1$  (2) ni  $V_{\text{bug}'}$  deb olinadi. Bug'larga ideal gaz qonunlarini qo'llash mumkinligidan  $PV = RT$  dan  $V_{\text{bug}'} = \frac{RT}{P}$  (3) kelib chiqadi

Yuqoridagilarni hisobga olib, Klauzius-Klapeyron tenglamasi quyidagicha yoziladi.

$$\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta H_{\text{bug}'}}{RT^2} \text{ yoki } \frac{dP}{dT} = \frac{\Delta H_{\text{suyuq}}}{RT^2}$$

$\Delta H_{\text{bug}'}$ ,  $\Delta H_{\text{subl}}$  – molyar bug'lanish va sublimatlanish issiqlik effektlari.

Klauzius – Klapeyron tenglamasini qattiq - suyuq muvozanati uchun ham qo'llasa bo'ladi, ya'ni suyuqlanish haroratini tashqi bosimga bog'liqligini aniqlash uchun. Bunda (1) tenglama  $\frac{dP}{dT} = \frac{T(V_s - V_q)}{\Delta H_{suyuq}}$  ko'rinishda

yoziladi.  $\Delta H_{suyuql}$  – molyar suyuqlanish issiqligi

$V_s, V_q$  – moddaning suyuq va qattiq holdagi molyar hajmlari.

### Masala yechish namunalari

**1-masala.** Qattiq fenolning zichligi  $-1,072 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ , suyuq fenolning zichligi  $1,056 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ , erish issiqligi  $1,044 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$ , muzlash harorati  $314,2\text{K}$ .

Fenolning bosim o'zgaranda erish harorati o'zgarishini  $dT/dP$  va bosim 300 marta ortgandagi erish haroratini hisoblang.

Yechish:  $\frac{dT}{dP} = \frac{T(V_s - V_q)}{\Delta H_{erish}}; \quad \Delta V = \frac{1}{d_s} - \frac{1}{d_q} = \frac{d_q - d_s}{d_s \cdot d_q}$ ; lardan

foydalanamiz.

$\Delta V$ - solishtirma hajmlarning farqi bo'lganligi uchun tenglamada molyar erish issiqligi o'rniga solishtirma erish issiqligini olish mumkin.

$$\frac{dT}{dP} = \frac{T(d_q - d_s)}{\Delta H_{er} d_s \cdot d_q} = \frac{314,2(1,072 \cdot 10^3 - 1,056 \cdot 10^3)}{1,044 \cdot 10^5 \cdot 1,056 \cdot 10^5 \cdot 1,072 \cdot 10^5} = 4,254 \cdot 10^{-8} \text{ grad} \cdot \text{m}^2 / \text{n}.$$

Bosim  $1,0132 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  ga oshganda harorat oshishi  $4,254 \cdot 10^{-8} \text{ grad} \cdot \text{m}^2 / \text{n}$  ni tashkil etadi. Bosim 300 marta oshganda ya'ni  $3,0396 \cdot 10^7 \text{ Pa}$  da erish harorati o'zgarishi

$$\Delta T = \frac{dT}{dP} \Delta P = 4,254 \cdot 10^{-8} \cdot 3,0396 \cdot 10^7 = 1,93 \text{ K}$$

$3,0396 \cdot 10^7 \text{ Pa}$  bosimda erish harorati

$$T_{erish} = 314,2 + 1,93 = 316,13 \text{ K}$$

**2-masala.**  $97^\circ\text{C}$  da suv bug'ining bosimi  $90919 \text{ Pa}$ ,  $103^\circ\text{C}$  da  $112651,8 \text{ Pa}$ .  $108^\circ\text{C}$  da suv bug'i bosimini hisoblang.

Yechish:  $\Delta H_{bug'l} = 2,303 \cdot \frac{T_1 \cdot T_2}{T_2 - T_1} \lg \frac{P_2}{P_1}$

$$T_1 = 273 + 97 = 370 \text{ K}$$

$$T_2 = 273 + 103 = 376 \text{ K}$$

$$T_3 = 273 + 107 = 380 \text{ K}$$

$$\Delta H_{bug'l} = 2,303 \cdot 8,314 \cdot \frac{370 \cdot 376}{376 - 370} \lg \frac{112651,8}{9091,9} = 41290 \text{ J/mol}$$

Agar yuqoridagi tenglama  $T_2$  va  $T_3$  oraliqda integrallansa, bosim  $P_2$  dan  $P_3$  gacha o'zgaradi.  $\Delta H_{bu'l}$  o'zgarimas kattalik ekanligini (tekshirilayotgan harorat oralig'ida) hisobga olib

$$\lg \frac{P_3}{P_2} = \frac{\Delta H_{bug'l}}{2,303} \cdot \left( \frac{T_3 - T_2}{T_2 - T_3} \right) \text{ ni yozamiz.}$$

Undan:

$$\lg P_3 = \frac{\Delta H_{\text{bug'l}}}{2,303} \left( \frac{T_3 - T_2}{T_2 - T_3} \right) + \lg P_2 =$$

$$\frac{41290}{2,303 \cdot 8,314} \left( \frac{380 - 376}{380 \cdot 376} \right) + \lg 112651,8 = 0,06 + 5,0518 = 5,1118$$

$P_3 = 129300$  Pa ekanligini topamiz.

**3-masala.** Dietil efir to'yingan bug'i bosimining o'zgarishi  $dP/dT$   $307,9$  K da ya'ni normal qaynash haroratida  $3,53 \cdot 10^3$  Pa·grad.

Bug'lanish issiqligini hisoblang.

Yechish:  $\frac{1}{P} \cdot \frac{dP}{dT} = \frac{\Delta H_{\text{bug'l}}}{RT^2}$   $\Delta H_{\text{bug'l}} = \frac{RT^2}{P} \cdot \frac{dP}{dT}$

$$\Delta H_{\text{bug'l}} = \frac{8,31 \cdot 307,9^2}{1,0132 \cdot 10^3} \cdot 3,58 \cdot 10^3 = 27,46 \cdot 10^3 = 2,746 \cdot 10^4 \text{ J/mol};$$

**4-masala.** Muzning erish nuqtasini  $1^\circ \text{C}$  ga o'zgartirish uchun zarur bo'lgan bosim o'zgarishini hisoblang.  $0^\circ \text{C}$  haroratda muzning entalpiyasi  $333,5 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$ , suyuq suv va muzning o'ziga xos miqdori  $V_{\text{zh.}} = 1.0002 \text{ sm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$  va  $V_{\text{tv.}} = 1.0908 \text{ sm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ .

Yechish. Muzning erishi paytida hajmning o'zgarishi

$$V_s - V_q = 1.0002 - 1.0908 = -0.0906 \text{ sm}^3 \cdot \text{g}^{-1} = -9.06 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{g}^{-1}.$$

$$dp/dT = \Delta H_{\text{bug'l}} / T \Delta V$$

$$dp = 1 \cdot 335 / 273.15 \cdot (-9.06 \cdot 10^{-8}) = -1.348 \cdot 10^{-7} \text{ Pa/K}$$

**5-masala.** Benzol muzlaganda ( $5.5^\circ \text{C}$ ) uning zichligi  $0.871 \text{ g/sm}^3$  dan  $0.891 \text{ g/sm}^3$  gacha o'zgaradi. Suyuqlanish entalpiyasi  $10.59 \text{ kJ/mol}$  bo'lsa,  $1000 \text{ atm}$  dagi benzolning suyuqlanish haroratini toping.

Yechish.  $\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta H}{T \Delta V}$   $T = \frac{dT \cdot \Delta H}{\Delta V \cdot dP}$

$$T = \frac{5.5 \cdot 10.59}{2.06 \cdot 10^{-6} \cdot 1000} = 281.88$$

**6-masala.** Agar gazsimon bromda  $\Delta_f G^\circ = 3,110 \text{ kJ mol}^{-1}$  bo'lsa, suyuq bromning bug' bosimini  $25^\circ \text{C}$  da hisoblang.

Yechish.  $\Delta_{\text{bug'l}} G^\circ$  brom teng

$$\Delta_f G^\circ (\text{Br}_2 (\text{g})) = 3110 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

$$\Delta_f G^\circ = -RT \ln \frac{P}{P_0}$$

$$P = P_0 \exp \frac{\Delta_f G^\circ}{-RT} = 1 \cdot \exp \frac{3110}{-8.314 \cdot 298} = 0.285 \text{ atm}$$

**7-masala.**  $25^\circ \text{C}$  da grafit va olmos muvozanatda bo'lganda bosimni hisoblang. Olmosning  $\Delta_f G^\circ$   $2,900 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  ga teng. Grafit va olmosning zichligi  $2,25$  va  $3,51 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$  ga teng bo'lib, bosimga bog'liq emas.

Yechish. Grafitdan olmosga o'tish paytida hajmning o'zgarishi

$$\Delta V = 12 \cdot \left( \frac{1}{3.51} - \frac{1}{2.25} \right) 10^{-6} = -1.91 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$$

Boshlang'ich bosim  $p_1$  da Gibbs molyar energiyasining farqi  $\Delta G_1 = 2900 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$ , oxirgi  $p_2$  bosimida esa farq  $\Delta G_2 = 0$ .

$$P_2 = \frac{\Delta G_2 - \Delta G_1}{\Delta V} + P_1 = \frac{0 - 2900}{-1.91 \cdot 10^{-6}} + 101325 = 1.52 \cdot 10^9$$

**8-masala.** 1 atm bosimdagi benzolning qaynash temperaturasi  $80,1^\circ \text{C}$  dir.  $25^\circ \text{C}$  da benzol bug' bosimini hisoblang.

Yechish.  $T_1 = 353,3 \text{ K}$  dagi benzol bug'ining bosimi  $p_1 = 1 \text{ atm}$ .

Truton qoidasi bo'yicha

$$\Delta_{\text{bug}} H = 88 \cdot 353,3 = 31,1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$P_2 = P_1 \cdot \exp \frac{\Delta_{\text{bug}} H}{RT} = \frac{31100}{8,314} \left( \frac{1}{353,3} - \frac{1}{298,2} \right) = 0,141 \text{ atm}$$

### Mustaqil yechish uchun masalalar

1.  $90^\circ \text{C}$  da yod bug'larining bosimi  $3572,4 \text{ Pa}$   $100^\circ \text{C}$  da esa  $6065,15 \text{ Pa}$  ni tashkil etadi.  $115^\circ \text{C}$  dagi yod bug'larining bosimini aniqlang.

2. Suyuq ammiak bug'larining bosimi  $-10^\circ \text{C}$  da  $2,907 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ,  $0^\circ \text{C}$  da esa  $4,293 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  ni tashkil etadi  $-5^\circ \text{C}$  dagi suyuq  $\text{NH}_3$  bug' bosimini hisoblang

3. Agar  $\text{CS}_2$  ning  $0^\circ \text{C}$  dagi bug bosimi  $16929 \text{ Pa}$  ga  $-10^\circ \text{C}$  da  $\text{CS}_2$  ning to'yingan bug' bosimi hisoblang.  $\text{CS}_2$  ning yashirin bug' hosil qilish issiqligi  $363,3 \text{ J/g}$   $-10^\circ \text{C}$  da  $5 \cdot 10^{-3} \text{ ml}$  sig'imli binodan  $\text{CS}_2$  bug'larining massasini aniqlang va shu haroratdagi bug'larining konsentratsiyasi ( $\text{kg/m}^3$ ) ni aniqlang

4. Suyuq ruxning  $720,4^\circ \text{C}$  dagi bug' bosimi  $10853,3 \text{ Pa}$ ,  $836^\circ \text{C}$  da esa  $47481,5 \text{ Pa}$ . Berilgan haroratlar oralig'ida ruxning o'rtacha bug'lanish issiqligini aniqlang.

5. Qo'rg'oshinning yashirin suyuqlanish issiqligi  $23,04 \text{ J/g}$ , erish harorati  $327,4^\circ \text{C}$ . Suyuq va qattiq holdagi qo'rg'oshinning molyar hajmlari farqi  $0,66 \text{ m}^3/\text{mol}$ . Normal bosimdan 10 marta yuqori bosimda erish harorati qanday o'zgaradi?

6. Suyuq va qattiq simobning uchlamchi nuqtada ( $234,3 \text{ K}$ ) gi erish issiqligi va zichliklari  $11,8 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$ ,  $13,69 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  va  $14,193 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ . Erish harorati  $235,33 \text{ K}$  ga teng bo'lgandagi bosimni hisoblang.

7. Xlorbenzolning normal qaynash harorati  $405,4 \text{ K}$ ;  $533,2 \text{ Pa}$  bosimda  $383,2 \text{ K}$  da qaynasa,  $266,6 \text{ Pa}$  bosimda necha gradusda qaynaydi?

1 kmol xlorbenzolning normal qaynash haroratidagi bug'lanish issiqligini hisoblang.



**8.** Suvning  $60^{\circ}\text{C}$  dagi to'yingan bug' bosimi  $19918\text{Pa}$ .  $65^{\circ}\text{C}$  suvning to'yingan bug' bosimini hisoblang va jadvaldagi qiymat  $25003\text{Pa}$  bilan solishtiring.  $65^{\circ}\text{C}$  da suv bug'ining yashirin bug'lanish issiqligi  $2347,2\text{ J/g}$ .

**9.** Benzolning erish harorati  $5,49^{\circ}\text{C}$ . Benzolning suyuq va qattiq holdagi hajmlari farqi  $\Delta V=10,28\text{ sm}^3/\text{mol}$ .  $1,0103\cdot 10^7\text{ Pa}$  bosimda qanaqa haroratda eriydi? Benzolning solishtirma erish issiqligi  $125,7\text{ J/g}$ .

**10.** Dietilefir bug'larining bosimi  $20$  va  $30^{\circ}\text{C}$  mos ravishda  $58945$  va  $86285\text{ Pa}$  ga teng ko'rsatilgan harakat oralig'ida efirning o'rtacha bug'lanish issiqligini hisoblang. Olingan natijani Trouton formulasi bo'yicha hisoblab topilgan qiymat bilan hisoblang. Efirning qaynash harorati jadvaldan topiladi.

## IV BOB. SUYULTIRILGAN ERITMALARNING XOSSALARI

### Eritmalar konsentratsiyasi

Ikki yoki undan ortiq komponentdan tashkil topgan bir jinsli gomogen sistema eritma deyiladi. Eritmaning eng muhim xarakteristikasi uning konsentratsiyasidir. Konsentratsiya erituvchi va erigan modda qanday nisbatda (og'irlik yoki hajmiy) olinganini ko'rsatadi.

Konsentratsiya quyidagi usullarda ifodalanadi:

1) Massa ulushi -100g eritmada erigan modda massasi (g) bilan ifodalanadi.

$$\omega = \frac{m}{m_0} \text{ yoki } \omega\% = \frac{m}{m_0} \cdot 100\%$$

m-erigan modda massasi;  $m_0$  –eritma massasi.

2) Molyar konsentratsiya “C” 1 l eritmada erigan mollar sonini ifodalaydi.

$$C = \frac{n}{V},$$

n – modda miqdori, g-mol

$$C = \frac{m}{M \cdot V},$$

V –eritma hajmi (l). O'lchov birligi mol/l; mol/dm<sup>3</sup>.

3) Normal konsentratsiya “C<sub>n</sub>” 1 l eritmada erigan g-ekv lar soni.

$$C_n = \frac{m}{\vartheta \cdot V},$$

m –erigan modda massasi (g).

ϑ –erigan moddaning g-ekvivalenti,

V – eritma hajmi (l). O'lchov birligi mol/l; mol/dm<sup>3</sup>.

4) Molyal konsentratsiya “C<sub>m</sub>”– 1000 g (1 kg) erituvchida erigan modda miqdori bilan ifodalanadi.

$$C_m = \frac{n}{q} \text{ yoki } C_m = \frac{m}{M \cdot q},$$

n – erigan modda miqdori, g-mol,; q – erituvchi massasi, kg.

Grammlarda ifodalansa  $C_m = \frac{a \cdot 1000}{b \cdot M},$

a - erigan modda massasi, g;

b – erituvchi massasi, g;

M - erigan moddaning molyar massasi, g-mol.

5) Molyar hissa (ulush) – eritmadagi umumiy mollar sonini qancha qismini erigan modda (yoki erituvchi) tashkil etishini ko'rsatadi.

$$N_B = \frac{n_b}{n_a + n_b} - \text{erigan moddaning molyar hissasi.}$$

$$N_A = \frac{n_a}{n_a + n_b} \text{ erituvchining molyar hissasi.}$$

Eritma ikkita komponentdan tashkil topgan bo'lsa,

$$N_A + N_B = 1, \text{ bundan } N_B = 1 - N_A.$$

Eritmaning massa ulushi ( $\omega$ ), zichligi ( $\rho$ ) ma'lum bo'lsa, uning molyar, normal, molyal konsentratsiyalarini quyidagi formulalar bo'yicha topiladi:

$$C = \frac{\omega \cdot \rho \cdot 10}{M}; \quad C_n = \frac{\omega \cdot \rho \cdot 10}{\vartheta}; \quad C_m = \frac{\omega\% \cdot 1000}{M(1000 - \omega\%)};$$

Raul eritmalarning konsentratsiyalari va erituvchi bug' bosimining pasayishi, muzlash haroratining pasayishi, qaynash haroratining ortishi bilan bog'liqligi to'g'risidagi qonunlarni ta'rifladi.

**I-qonun.** Uchmaydigan noelektrolit modda saqlagan eritma ustidagi erituvchi to'yingan bug' bosimining nisbiy pasayishi erigan moddaning molyar hissasiga teng.

$$\frac{P^0 - P}{P^0} = N_B;$$

$P^0$  -toza erituvchining to'yingan bug' bosimi, kPa;

$P$  - eritma ustidagi erituvchining to'yingan bug' bosimi, kPa;

$N_B$  -erigan moddaning molyar hissasi.

**II-qonun.** Eritma qaynash haroratining ortishi, muzlash haroratining pasayishi eritmaning molyal konsentratsiyasiga to'g'ri proporsional.

$$\Delta T_q = E \cdot C_m; \text{ E - ebullioskopik doimiy}$$

$$\Delta T_m = K \cdot C_m; \text{ K - krioskopik doimiy}$$

$\Delta T_q$  - eritma qaynash haroratining ortishi

$$\Delta T_q = T_{q \text{ er-ma}} - T_{q \text{ er-chi}}$$

$\Delta T_m$  - eritma muzlash haroratining pasayishi

$$\Delta T_m = T_{m \text{ er-chi}} - T_{m \text{ er-ma}}$$

### Masala yechish namunalari

**1-masala.** 200 ml eritmada 1,6g natriy gidroksid erigan. Eritmaning molyar konsentratsiyasini hisoblang.

Yechish: Molyar konsentratsiya  $C = \frac{m}{M \cdot V}$

$$C = \frac{1,6}{40 \cdot 0,2} = 0,2 \text{ mol/l}$$

**2-masala.** 5% fruktoza eritmasining molyar konsentratsiyasini hisoblang. Eritmaning zichligi  $1,03 \text{ g/sm}^3$ .

Yechish: 5g fruktoza 100g eritmada erigan. 1 l eritmaning massasi

$$m = \rho \cdot V = 1,03 \cdot 1000 = 1030 \text{ g}$$

$$5\text{g} - 100\text{g}$$

$$x \text{ g} - 1030\text{g}$$

$$x = \frac{1030 \cdot 5}{100} = 51,5 \text{ g}$$

$$\text{Fruktozaning miqdorini topamiz: } n = \frac{m}{M} = \frac{51,5}{180} = 0,286$$

Eritmaning molyar konsentratsiyasi 0,286 M.  $C = 0,286 \text{ M}$ .

**3-masala.** 0,5 l eritmada 42,6 g  $\text{FeCl}_3$  erigan. Eritmaning normal konsentratsiyasini aniqlang.

Yechish: 1)  $C_H = \frac{m}{\vartheta \cdot V}$  formuladan foydalanamiz.

$$2) \vartheta_{\text{FeCl}_3} = \frac{162,206}{3} = 54,07 \text{ g}$$

$$3) C_H = \frac{42,6}{54,07 \cdot 0,5} = 1,576 \text{ mol/l}$$

**4-masala.** 15% li sirka kislota eritmasining molyalligini hisoblang.

Yechish: 85 g - 15 g

$$1000 \text{ g} - x \text{ g} \quad (x=m) \quad m_x = \frac{15 \cdot 1000}{85} = 176,46 \text{ g}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{176,46}{60} = 2,941 \text{ mol}$$

$$\text{yoki } C_m = \frac{m \cdot 1000}{M \cdot q} = \frac{15 \cdot 1000}{60 \cdot 85} = 2,941 \text{ mol}$$

Demak,  $C_m = 2,941 \text{ M}$

**5-masala.** Glyukozaning 40% li suvli eritmasidagi glyukoza ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) va suvning molyar hissalarini hisoblang.

Yechish: Molyar hissa  $N_i = \frac{n_i}{\sum n_i}$  bo'yicha hisoblanadi.

100 g eritmada 40 g  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  va 60 g  $\text{H}_2\text{O}$  bor.  $M_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 180$ ;  $M_{\text{H}_2\text{O}} = 18$

$$n_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = \frac{40}{180} = 0,2 \text{ mol} \quad n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{60}{18} = 3,5 \text{ mol}$$

$$n_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} + n_{\text{H}_2\text{O}} = 0,2 + 3,5 = 3,7 \text{ mol}$$

$$N_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = \frac{0,2}{3,7} = 0,1 \text{ yoki } 10 \%$$

$$N_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{3,5}{3,7} = 0,9 \text{ yoki } N_{\text{H}_2\text{O}} = 1 - 0,1 = 0,9 \text{ ya'ni } 90 \%$$

**6-masala.** Massa ulushi 20% ga teng bo'lgan natriy xlorid ( $\text{NaCl}$ ) ning eritmasidagi molyar ulushini aniqlang.

Yechish. Eritmadagi NaCl ning molyar ulushi quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$\chi = \frac{n_{NaCl}}{n_{NaCl} + n_{H_2O}} \cdot 100\%$$

Eritma massasini 100g da hisoblasak:

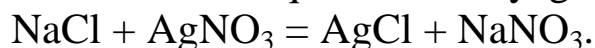
$$n_{NaCl} = 100 \cdot 0.2 / 58.5 = 0.34;$$

$$n_{H_2O} = 100 \cdot 0.8 / 18 = 4.44$$

$$\chi = \frac{0.34}{0.34 + 4.44} \cdot 100\% = 0.07$$

**7-masala.** Kumush xlorid ko'rinishidagi barcha kumushlarni cho'ktirish uchun  $150 \text{ sm}^3$  konsentratsiyasi  $C = 0,16 \text{ mol/l}$  bo'lgan kumush nitrat eritmasiga -  $\text{AgNO}_3$ ,  $C = 0,3 \text{ mol/l}$  bo'lgan natriy xlorid - NaCl bo'lgan eritmasidan qancha qo'shilishi kerak?

Yechish. Moddalar ekvivalent miqdorda reaksiyaga kirishadi.



Shunday qilib,  $C(\text{NaCl}) \cdot V_{\text{erit}}(\text{NaCl}) = C(\text{AgNO}_3) \cdot V_{\text{erit}}(\text{AgNO}_3)$ .

Bundan:

$$V_{\text{erit}}(\text{NaCl}) = C(\text{AgNO}_3) \cdot V_{\text{erit}}(\text{AgNO}_3) / C(\text{NaCl}).$$

$$\text{Qiymatlarni qo'ysak: } V_{\text{erit}}(\text{NaCl}) = 0,16 \times 150 / 0.3 = 80 \text{ sm}^3.$$

**8-masala.** Konsentratsiyasi  $C = 0.2 \text{ mol/l}$  bo'lgan 3 litr eritma tayyorlash uchun ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) massasining ulushi 16% ga va zichligi  $\rho = 1,15 \text{ g/sm}^3$  ga teng bo'lgan eritmasidan qancha olinishi kerak?

Yechish.

$$C_e = \frac{n}{V} = \frac{m_{\text{K}_2\text{CO}_3}}{M_e(\text{K}_2\text{CO}_3) \cdot V}$$

$\text{K}_2\text{CO}_3$  ning massasini aniqlaymiz:

$$m_{\text{K}_2\text{CO}_3} = C(\text{K}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{K}_2\text{CO}_3) \cdot V_{\text{erit}}.$$

$$M_e(\text{K}_2\text{CO}_3) = M_{\text{K}_2\text{CO}_3} / 2 = 138 / 2 = 69 \text{ g / mol}.$$

$$\text{Biz qiymatlarni o'rniga qo'yamiz: } m_{\text{K}_2\text{CO}_3} = 0.2 \cdot 69 \cdot 3 = 41.4 \text{ g}.$$

Muammoning holatiga ko'ra bizda 16% eritma mavjud: 100 g eritmada tarkibida 16 g  $\text{K}_2\text{CO}_3$  mavjud. Biz proporsiya qilamiz:

100 g eritmada ----- 16 g  $\text{K}_2\text{CO}_3$  mavjud

$m_{\text{erit}}$  - ----- 41,4 g  $\text{K}_2\text{CO}_3$

$$m_{\text{erit}}(16\%) = 100 \cdot 41.4 / 16 = 258,75 \text{ g};$$

$$V_{\text{erit}} = m_{\text{erit}} / \rho = 258.75 / 1.15 = 225 \text{ sm}^3.$$

**9-masala.** Ortofosfat kislotasining massa ulushi ( $\omega$ ) 6% va zichligi ( $\rho$ )  $1,03 \text{ g/sm}^3$  bo'lgan eritma mavjud. a) molyar konsentratsiyasini ( $C$ ); b)  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ning ekvivalent ( $C_e$ ) molyar konsentratsiyasi; c) molyalligini ( $C_m$ ) aniqlang.

Yechish. Molyar konsentratsiyasi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$C = \frac{n}{V} = \frac{n}{M \cdot V}$$

$H_3PO_4$  eritmasining massasini hisoblaymiz

$$m_{erit} = V_{erit} \cdot \rho = 1000 \text{ sm}^3 \cdot 1,031 \text{ g / sm}^3 = 1031 \text{ g.}$$

Muammoning holatiga ko'ra, biz nisbatni tuzamiz:

100 g eritmada 6 g  $H_3PO_4$  mavjud, shuning uchun 1031 g eritmada x g  $H_3PO_4$  mavjud,

$$m(H_3PO_4) = 1031 \cdot 6 / 100 = 61,86 \text{ g.}$$

Shuning uchun  $H_3PO_4$  miqdori:

$$n(H_3PO_4) = m(H_3PO_4) / M(H_3PO_4) = 61,86 / 98 = 0,63 \text{ mol,}$$

bu erda  $M(H_3PO_4) = 98 \text{ g / mol.}$

$$\text{Keyin } C(H_3PO_4) = n(H_3PO_4) / V = 0,63 / 1 = 0,63 \text{ mol / l.}$$

a)  $H_3PO_4$  ekvivalentining molyar konsentratsiyasi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$C_e = \frac{n}{V} = \frac{m}{M_e \cdot V}$$

$$M(H_3PO_4) = 98 \text{ g / mol;}$$

$$M_e(H_3PO_4) = M(H_3PO_4) / 3 = 98 / 3 = 32,67 \text{ g/mol. } C_e = 61,86 / (32,67 \cdot 1) = 1,89 \text{ mol/l.}$$

v) eritmaning molyalligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$C_m = \frac{n}{m_{erit}} = \frac{m}{M \cdot m_{erit}} \\ C_m = \frac{6 \cdot 1000}{98 \cdot 94} = 0,65 \text{ mol/kg}$$

**10-masala.** 100 litr suvni yumshatish uchun qancha ohak -  $Ca(OH)_2$  olinishi kerak, karbonatsiz bo'lmagan qattiqligi 3 mmol/l.

Yechish. Ekvivalentlar qonuniga ko'ra,  $(Ca^{2+})$  va  $(Mg^{2+})$  ionlarining ekvivalentlari mollari soni  $Ca(OH)_2$  ning kalsiy gidroksidi ekvivalent mol soniga teng.

Karbonatsiz suvning qattiqligi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$m(Ca(OH)_2) = Q \cdot m(Ca(OH)_2) \cdot V$$

$$m(Ca(OH)_2) = 3 \cdot 37 \cdot 100 = 11,1 \text{ g.}$$

### Mustaqil yechish uchun masalalar

1. 0,02 l eritmada 2,74g  $K_2SO_4$  erigan. Eritmaning molyar konsentratsiyasini hisoblang.

2.  $0,8 \text{ m}^3 Fe_2(SO_4)_3$  eritmasining normal, molyal konsentratsiyasini va massa ulushini aniqlang. Eritmaning zichligi  $1 \text{ g/sm}^3$ .

3. Zichligi  $1,246 \text{ g/sm}^3$  bo'lgan  $8 \text{ N HNO}_3$  eritmasining massa ulushi va molyalligini hisoblang. Ushbu eritmada  $\text{HNO}_3$  va  $\text{H}_2\text{O}$  larning molyar hissalari qanday?

4. Zichligi  $1,825 \text{ g/sm}^3$  bo'lgan  $91,0\%$  li sulfat kislota eritmasining normal, molyar va molyal konsentratsiyalarini hisoblang.

5.  $4,7 \text{ N NaOH}$  eritmasining molyalligini hisoblang. Eritmaning zichligi  $1,175 \text{ g/sm}^3$ .

6.  $47,0 \%$  li spirtning suvli eritmasini molyar va molyalligini hisoblang. Eritmaning zichligi  $0,904 \text{ g/sm}^3$ .

7.  $40\%$   $\text{NaOH}$  eritmasidagi  $\text{NaOH}$  va  $\text{H}_2\text{O}$  ning molyar hismalarini hisoblang.

8. Sulfat kislota eritmasining konsentratsiyasi  $577 \text{ g/l}$ . Eritmaning zichligi  $1,335 \text{ g/sm}^3$ , eritmaning a) massa ulushini, b) molyar va molyalligini v) sulfat kislotaning molyar hissasini hisoblang.

9.  $1000 \text{ g}$  suvda  $245,7 \text{ g KCl}$  erigan. Eritmaning zichligi  $21^\circ\text{C}$  da  $1,1310 \text{ g/sm}^3$ . Eritmaning: molyarligi, normalligi, molyalligi, massa ulushi va molyar hismalarini hisoblang.

10.  $4,5\text{g}$  suvda  $6,84\text{g}$  qand erigan. Qand va suvning molyar hismalarini hisoblang.

### Eritmalarning osmotik va bug' bosimlari

Agar erituvchi qatlami bilan eritma qatlami yarim o'tkazgich membrana bilan ajratilsa, erituvchi molekularining membrana orqali bir tomonlama diffuziyasi sodir bo'ladi. Erituvchining yarim o'tkazgich parda orqali o'z-o'zidan eritmaga o'tishi osmos hodisasi deyiladi. Osмос hodisasini to'xtatish uchun eritmaga berilishi kerak bo'lgan gidrostatik bosim osmotik bosim deyiladi.

Osмос hodisasi o'simlik va hayvon organizmlari hayotida muhim rol o'ynaydi. Vant-Goff osmotik bosimni eritma konsentratsiyasiga va haroratga bog'liqligini ifodalovchi qonunni ta'rifladi: Agar erigan modda gaz holatida bo'lib, eritma hajmiga teng hajmni egallaganda edi, gazning bosimi eritmaning osmotik bosimiga teng bo'lar edi.

$$\pi = CRT \quad \text{yoki} \quad \pi = \frac{n}{V}RT \quad (1) \quad \text{bu tenglama Mendeleev-Klapeyron}$$

tenglamasiga mos keladi:  $PV = nRT$  bunda

$n$  – modda miqdori, g-mol;  $T$  – absolyut harorat, K;

$C$  – eritmaning molyar konsentratsiyasi, mol/l ( $\text{mol/dm}^3$ );

$R$  – universal gaz doimiysi,  $8,31 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$ .

Tekshirishlarga ko'ra,  $10^{-2}$  mol/l dan kichik konsentratsiyalarda Vant-Goff qonuni to'g'ri natija beradi. Yuqori konsentratsiyalarda Vant-Goff tenglamasida molyar konsentratsiya o'rniga molyal konsentratsiyadan foydalanish to'g'riroq bo'ladi

$$\pi = CRT = \frac{a \cdot 1000}{b \cdot M} RT \quad (2) \text{ bunda}$$

$a$  - erigan modda massasi, g;  $b$  - erituvchi massasi, g;

$M$  - erigan modda molyar massasi.

Ideal eritmalarda barcha konsentratsiyalar uchun osmotik bosimni quyidagi tenglamalar bo'yicha hisoblash mumkin.

$$\pi = \frac{RT}{V} \ln \frac{P_A}{P_A^0} \text{ yoki } \pi = -\frac{RT}{V} \ln(1 - N_B) \quad (3)$$

$P_A^0$  - toza erituvchi ustidagi to'yingan bug' bosimi, kPa;

$P_A$  - eritma ustidagi erituvchining partsial bug' bosimi, kPa;

$V$  - erituvchining molyar hajmi (erituvchi molyar massasini uning zichligiga nisbati)

$N_B$  - erigan moddaning molyar hissasi.

Osmotik bosim qiymati eritmadagi zarrachalar soniga bog'liq, lekin ularning massasi, o'lchami va shakliga bog'liq emas. Zarrachalarning (molekula, ion, ionlashmagan kolloid zarracha) konsentratsiyalarining yig'indisi osmotik konsentratsiya deyiladi.

Har bir molekulasi  $n$  ta ionga dissotsiatsiyalanadigan moddning  $C_m$  molyal konsentratsiyali eritmasidagi dissotsiatsiya darajasi  $\alpha$  bo'lgan elektrolitlar eritmaları uchun osmotik konsentratsiya  $C_{osm} = C \cdot \alpha \cdot n + C_m(1 - \alpha)$  (4) bo'ladi. Bundan  $C_{osm} = C[1 + \alpha(n - 1)]$  (5).

Tajribada aniqlangan osmotik bosimning (1) va (2) tenglamalar bo'yicha nazariy hisoblangan qiymatidan qancha marta ortiq ekanligini ko'rsatuvchi kattalik izotonik koeffitsient deyiladi va  $i$  harfi bilan belgilanadi.

$$i = \frac{\pi_{tajr}}{\pi_{naz}} = \frac{C_{osm}RT}{CRT} \quad (6) \text{ bundan}$$

$$C_{osm} = iC \quad (7)$$

$$(5) \text{ va } (7) \text{ tenglamalardan } i = 1 + \alpha(n - 1) \quad (8)$$

Binar elektrolitlar uchun  $n$  2ga teng va (8) tenglama  $i = 1 + \alpha$  yoki  $\alpha = i - 1$  (9)

( $\alpha$  - dissotsiatsiya darajasi)

$$(8) \text{ tenglamadan } \alpha = \frac{i - 1}{n - 1} \quad (10) \text{ kelib chiqadi.}$$



Yuqoridagi aytilganlardan kelib chiqib, kuchsiz elektrolitlarning suyultirilgan eritmalarining osmotik bosimlari quyidagi formula bilan ifodalanadi.

$$\pi = iCRT \quad (11)$$

Kuchli elektrolitlar Debay-Xyukkel nazariyalari bo'yicha eritmada to'la dissotsialangan bo'ladi, ya'ni  $\alpha = 1$ . U holda (8) tenglama  $i = n$  ko'rinishda bo'ladi. (11) tenglama esa  $\pi = nCRT$  (12) bo'ladi.

Kuchli elektrolit eritmalarining tajribada aniqlangan osmotik bosimlari hamma vaqt (12) tenglama bo'yicha nazariy hisoblangan qiymatidan kichik bo'ladi. Bu hol ionlar orasidagi elektrostatik tortish kuchlari ta'sirida ularning aktivligi kamayishi bilan tushuntiriladi. Buning natijasida ular to'liq dissotsiatsiyalanmagandek tuyuladi. Shuning uchun kuchli elektrolitlar dissotsiatsiya darajasini hisoblaganda ularning haqiqiy dissotsiatsiya darajasi emas, ularning eritmada "kuzatilayotgan" dissotsiatsiya darajasi hisoblanadi. Kuchli elektrolitlarda tajribada aniqlangan osmotik bosimning (12) tenglama bo'yicha hisoblangan osmotik bosimga nisbati osmotik koeffitsient deyiladi va  $f$  harfi bilan belgilanadi

$$f = \frac{\pi_{taj}}{\pi_{naz}}$$

Osmotik bosimlari teng bo'lgan eritmalar izotonik eritmalar deyiladi.

Eritmalarning to'yingan bug' bosimi muhim ahamiyatga ega, chunki bir qator boshqa xossalari unga bog'liqdir. Tajriba shuni ko'rsatadiki, doimiy haroratda har qanday erituvchida biror bir uchmaydigan modda eritilsa, uning ustidagi to'yingan bug' bosimi pasayadi. Bundan shunday xulosaga kelish mumkin: eritma ustidagi to'yingan bug' bosimi toza erituvchining to'yingan bug' bosimidan kichik bo'ladi. Eritma konsentratsiyasi qancha yuqori bo'lsa, bug' bosimining pasayishi shuncha ko'p bo'ladi.

Frantsuz fizigi Raul eritma ustidagi erituvchi bug' bosimining nisbiy pasayishi erigan moddaning molyar hissasiga teng ekanligini aniqladi.

$$\frac{P_A^0 - P_A}{P_A^0} = N_B = \frac{n_B}{n_A - n_B} \quad (1)$$

$P_A^0 - P_A$  - to'yingan bug' bosimining absolyut pasayishi,

$\frac{P_A^0 - P_A}{P_A^0}$  - to'yingan bug' bosimining nisbiy pasayishi,

$P_A^0$  - toza erituvchining to'yingan bug' bosimi,

$P_A$  - eritma ustidagi to'yingan bug' bosimi,

$N_B$  - erigan moddaning molyar hissasi.

Eritma modda ham uchuvchan bo'lsa, eritma ustidagi umumiy bug' bosimi ikkala komponent partial bug' bosimlarining yig'indisiga teng bo'ladi.  $P_{umum} = P_A + P_B$  va  $P_A = P_A^0 \cdot N_A^C$  (2)  $P_B = P_B^0 \cdot N_B^C$  bo'ladi.

$N_A$  -erituvchining molyar hissasi. (2) tenglama Raul I qonunining matematik ifodasi. Unga binoan: Doimiy haroratda eritma ustidagi erituvchining partial bug' bosimi uning molyar hissasiga to'g'ri proporsional. Juda suyultirilgan eritmalar uchun:  $n_B \ll n_A$   $\frac{P_A^0 - P_A}{P_A^0} = \frac{n_B}{n_A}$  (3)

$$N_A + N_B = 1 \text{ ekanligi hisobga olinsa, } P_A = P_A^0(1 - N_B) \text{ (4)}$$

Agar erigan modda dissotsiatsiyalansa (1) tenglama

$$\frac{P_A^0 - P_A}{P_A^0} = i \frac{n_A}{n_A + n_B} \text{ (5) ko'rinishda yoziladi.}$$

Hamma konsentratsiyalarda Raul qonuniga bo'ysunadigan eritmalar ideal eritmalar deyiladi. Ideal eritmalar tuzilishi, kimyoviy tarkibi, polyarligi o'xshash moddalar hosil qiladi. Bu moddalarning molekulari orasidagi o'zaro ta'sirlanish kuchi, har xil molekular orasidagi o'zaro ta'sirlanish kuchiga teng bo'ladi.

$$F_{A-A} = F_{A-B} = F_B$$

Benzol – toluol, geksan – oktan sistemalari ideal eritma hisoblanadi. Bular aralashtirilganda issiqlik effekti kuzatilmaydi va hajm o'zgarmaydi ( $\Delta H = 0$ ) va ( $\Delta V = 0$ )  $V_{umum} = V_1 + V_2$

Ideal eritmalarda komponentlarning bug' bosimlari ularning molyar hissalariga proporsional (2 tenglama) A va B komponentlardan tashkil topgan ideal eritmalar tarkib-bug' bosimi diagrammasida partial bug' bosimlarining tarkibga bog'liqligi to'g'ri chig'iq bilan ifodalanadi.

Umumiy bug' bosimining suyuq aralashma tarkibiga bog'liqligi

$$P_{umum} = P_A + P_B = P_A N_A + P_B N_B \text{ (6)}$$

Umumiy bug' bosimining tarkibga bog'liqligi ham ideal eritmalarda to'g'ri chig'iq bilan ifodalanadi. Real eritmalar Raul qonuniga bo'ysunmaydi. Ularda komponentlarning partial bug' bosimlari va umumiy bug' bosimi Raul qonuni bo'yicha nazariy hisoblangandan ko'ra ko'p yoki kam bo'lishi mumkin. Bunda Raul qonunidan musbat va manfiy chetlanish kuzatiladi.

Musbat chetlanishda  $F_{A-A} > F_{A-B} < F_{B-B}$  bir yoki ikkala komponentlarning assotsiatsiyalangan molekulari parchalanib, eritmadagi molekular soni toza erituvchilikidan ko'p bo'ladi. Bunda sistemaning hajmi ortadi  $\Delta V > 0$  va issiqlik yutiladi  $\Delta H > 0$ .

Manfiy chetlanishda  $F_{A-A} < F_{A-B} > F_{B-B}$  eritma hosil bo'lishi issiqlik ajralishi  $\Delta H < 0$  va hajm kamayishi  $\Delta V < 0$  sodir bo'ladi.

Bug'dagi A va B komponentlarning partsial bug' bosimlari Dalton qonuni bo'yicha  $P_A = P_{umum} \cdot N_A^{bug}$  (7)  $P_B = P_{umum} \cdot N_B^{bug}$  (8) bilan ifodalanadi.

(2) va (7), (8) tenglamalardan

$$P_A^0 \cdot N_A^C = P_{umum} \cdot N_A^b, \quad P_B^0 \cdot N_B^C = P_{umum} \cdot N_B^b$$

Ulardan

$$N_A^r = \frac{P_A^0}{P_{umum}} \cdot N_A^C \quad (10) \quad N_B^r = \frac{P_B^0}{P_{umum}} \cdot N_B^C$$

Ideal eritma qonunlariga bo'ysunmaydigan sistemalarda (10) tenglamadan sezilarli chetlanish kuzatiladi.

### Masala yechish namunalari

**1-masala.** 0,8l eritmada 42g mochevina  $(NH_2)_2CO$  erigan. Eritmaning  $25^\circ C$  dagi osmotik bosimini hisoblang.

Yechish: Osmotik bosimni hisoblash formulasi  $\pi = \frac{n}{V} RT$

Mochevinaning eritmada miqdorini aniqlaymiz.  $n = \frac{m}{M}$

$$M_{(NH_2)_2CO} = 60; \quad n = \frac{42}{60} = 0,7$$

$$\pi = \frac{0,7}{0,8} \cdot 8,31 \cdot 298 = 2167,875 \cdot 10^3 = 2,17 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

**2-masala.** 625ml eritmada 7,5g noelektrolit erigan. Eritmaning 285K dagi osmotik bosimi  $8,307 \cdot 10^4$  Pa bo'lsa, erigan moddaning molyar massasini aniqlang.

Yechish:  $\pi = \frac{n}{V} RT$  tenglamadan foydalanamiz.  $n = \frac{m}{M}$  ni qo'ysak,

$$\pi = \frac{m}{MV} RT \text{ bundan } M = \frac{mRT}{\pi V} = \frac{7,5 \cdot 8,31 \cdot 285}{0,625 \cdot 10^{-3} \cdot 8,307 \cdot 10^4} = 342,15 \text{ g/mol}$$

Demak,  $M=342,15$  g/mol

**3-masala.** 1 mol kaliy bromid 8 l suvda eritilishdan hosil bo'lgan eritmaning  $25^\circ C$  dagi osmotik bosimi  $5,63 \cdot 10^5$  Pa. Kaliy bromidning suvdagi dissotsiatsiya darajasini hisoblang.

Yechish:  $M_{KBr} = 119$ . Eritmaning molyal konsentratsiyasini topamiz.

$$C_M = \frac{a \cdot 1000}{b \cdot M} = \frac{119 \cdot 1000}{8000 \cdot 119} = 0,125 \text{ mol/kg}$$

$$\pi = iCRT \text{ dan } i = \frac{\pi}{C_M RT} = \frac{5,63 \cdot 10^5}{0,125 \cdot 8,31 \cdot 298} = 1,817$$

$$n = 2; \alpha = i - 1 = 1,817 - 1 = 0,817$$

$$\alpha = 0,817 \text{ yoki } 81,7 \%$$

**4-masala.** Mochevinaning suvli eritmasi  $27^{\circ}\text{C}$  da  $0,5\text{M}$  kaltsiy xlorid eritmasi bilan izotonik. Kaltsiy xloridning dissotsiatsiya darajasi  $65,4\%$ . Mochevina eritmasining konsentratsiyasini hisoblang.

Yechish: Mochevina eritmasining osmotik bosimini  $\pi_M = CRT$ , kaltsiy xlorid eritmasining osmotik bosimini  $\pi_{CaCl_2} = iCRT$  tenglama bo'yicha hisoblanadi. Eritmalar izotonik bo'lgani uchun  $\pi_M = \pi_{CaCl_2}$  undan  $C_{mooc} = iC_{CaCl_2}$  kelib chiqadi.

$$CaCl_2 \text{ uchun } n = 3$$

$$i = 1 + \alpha(n - 1) = 1 + 0,65(3 - 1) = 2,3$$

$$\text{Demak, } C_M = 2,3 \cdot 0,5 = 1,154 \text{ mol/l}$$

**5-masala.**  $0,05 \text{ M}$  rux sulfat eritmasining  $0^{\circ}\text{C}$  da tajribada aniqlangan osmotik bosimi  $1,59 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ . Eritmaning osmotik koeffitsienti hisoblang.

Yechish: Kuchli elektrolitlar eritmasining osmotik bosimini tenglama bo'yicha nazariy hisoblaymiz.

$$\pi_{naz} = nCRT = 2 \cdot 0,05 \cdot 10^3 \cdot 8,31 \cdot 273 = 2,27 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$\text{Osmotik koeffitsient } f = \frac{\pi_{taj}}{\pi_{naz}} = \frac{1,59 \cdot 10^5}{2,27 \cdot 10^5} = 0,7$$

**6-masala.**  $27^{\circ}\text{C}$  da  $500 \text{ sm}^3$  da  $9,2 \text{ g}$  glitserin ( $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$ ) bo'lgan eritmaning osmotik bosimini hisoblang.

Yechish. Vant – Goff qonuniga binoan:

$$P_{osm} = C \cdot R \cdot T,$$

Dastlab molyar konsentratsiyani aniqlaymiz

$$C = \frac{9,2}{92 \cdot 0,5} = 0,2 \text{ mol/l}$$

$$P_{osm} = 0,2 \cdot 8,314 \cdot 300 = 498,84 \text{ kPa.}$$

**7-masala.**  $500 \text{ sm}^3$  tarkibida  $5,35 \text{ g}$  tuzni o'z ichiga olgan  $\text{KIO}_3$  eritmasi  $17,5^{\circ}\text{C}$  haroratda  $171 \text{ kPa}$  osmotik bosim o'tkazadi. Eritmada izotonik koeffitsientni va tuzning dissotsialanish darajasini hisoblang.

Yechish. Dissotsialanish darajasini topish:

$$\alpha = \frac{i - 1}{k - 1}$$

Molyar konsentratsiyani aniqlaymiz:

$$C = \frac{5,35}{214 \cdot 0,5} = 0,05 \text{ mol/l}$$

Izotonik koeffitsientni quyidagicha aniqlaymiz:

$$i = \frac{P_{osm}^{pamal}}{P_{osm}^{nazariy}} = \frac{221}{0.052 \cdot 8.314 \cdot 290.5} = 1.83$$

$$\alpha = \frac{1.83 - 1}{2 - 1} = 0.83 \text{ yoki } 83\%$$

**8-masala.** 298 K haroratda 400 sm<sup>3</sup> suvda 14,0 g kaltsiy xloridi bo'lgan eritmaning ustidagi to'yingan bug' bosimini aniqlang. Shu haroratda suvning to'yingan bug' bosimi 2,34 kPa ga teng. Kaltsiy xloridning dissotsilanish darajasi 0,85 ga teng.

Yechish. Elektrolitlar uchun eritmaning ustidagi to'yingan bug' bosimi Raul qonunining I formulasi asosida aniqlanadi:

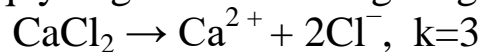
$$\frac{P^0 - P}{P^0} = i \frac{n_{CaCl_2}}{n_{CaCl_2} + n_{H_2O}}$$

$$\alpha = \frac{i - 1}{k - 1}$$

bu yerda k - 1 ta elektrolit molekulasini ajraladigan ionlar soni.

Izotonik koeffitsient:  $i = a(k - 1) + 1$ .

Dissosatsiya tenglama quyidagicha davom etganligi sababli



$$i = 0,85 \cdot (3 - 1) + 1 = 2,7.$$

CaCl<sub>2</sub> ning va suvning mol miqdorlari mos ravishda 0.13 va 22.2 ga teng:

$$P = 2.34 - 2.7 \frac{2.34 \cdot 0.13}{0.13 + 22.2} = 2.3 \text{ Pa}$$

**9-masala.** Atseton orqali doimiy bosimda 0.974·10<sup>5</sup> Pa va 293 K haroratda quruq havo yuborildi. Bunda atseton massasi 2.2g ga kamaydi, shu haroratda atseton to'yingan bug' bosimini hisoblang.

$$n_{havo} = \frac{PV}{RT} = 0.117 \text{ mol}$$

Dastlab atstonning molyar ulushini aniqlaymiz so'ng uning parsial bosimini topamiz:

$$N_{ats} = \frac{n_{ats}}{n_{ats} + n_{havo}} = \frac{0.038}{0.038 + 0.117} = 0.245 \text{ mol}$$

$$P_{ats} = P \cdot N_{ats} = 0.974 \cdot 10^5 \cdot 0.245 = 2.38 \cdot 10^4 \text{ Pa.}$$

### Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Bir litrida 0,2 mol elektrolitmas saqlagan eritma osmotik bosimini aniqlang: a) 0°C; b) 18°C da.

2. 0,5 l eritmada  $1,52 \cdot 10^{23}$  ta elektrolitmas molekulasini saqlagan eritmaning 0 va 30°C dagi osmitik bosimini aniqlang.

3. Tarkibida 90,08 g glyukoza –  $C_6H_{12}O_6$  saqlagan 4 l eritmaning 27 °C dagi osmitik bosimini aniqlang.

4. Tarkibida 18,4 g gliserin –  $C_3H_8O_3$  saqlagan 1 l eritmaning 0 °C dagi osmitik bosimini aniqlang.

5. 1 l eritmada 25 °C da 6,84 g shakar  $C_{12}H_{22}O_{11}$  va 1,38 g etil spirti  $C_2H_6O$  mavjud. Eritmadagi osmotik bosimi qanday?

6. Glitserin eritmasining 291K dagi osmotik bosimi  $3,039 \cdot 10^5$  Pa. Eritmani 3 marta suyultirilsa, haroratni 37°C gacha oshirilsa, uning osmotik bosimi qanday bo'ladi?

7. 0,05M elektrolit eritmasining 0°C dagi osmotik bosimi  $2,725 \cdot 10^5$  Pa. Elektrolitning eritmadagi dissotsiatsiya darajasi 70%. Elektrolit molekulasini nechta ionga dissotsiatsiyalanadi?

8. 0,2M *NaOH* eritmasining izotonik koeffitsienti 1,8 ga teng. Eritmaning 10°C dagi osmotik bosimini hisoblang.

9. Suv bug'ining 100°C dagi bosimi  $1,0133 \times 10^5$  Pa ga teng. Massa ulushi 10 % ga teng bo'lgan mochevina eritmasining suv bug'i bosimini aniqlang.

10. 201 g efirda 155 g anilin  $C_6H_5NH_2$  saqlagan ma'lum haroratdagi eritma bug' bosimi 42900 Pa ni tashkil etadi. Bu haroratda efir bug' bosimi 86380 Pa ga teng. Efirning molekulyar massasini aniqlang.

## V BOB. ERITMALAR. KONOVALOV QONUNLARI

### Suyuqliklar aralashmasini haydash

Konovalov birinchi qonuniga binoan, suyuq fazada berilgan komponent miqdorini ortishi, bug'da ham uning miqdorini oshishiga olib keladi. Ikki komponentli sistemada bug'ning tarkibi u bilan muvozanatda turgan suyuqlikka qo'shilganda uning umumiy bug' bosimini oshiradigan, ya'ni qaynash haroratini pasaytiradigan komponentga boy bo'ladi.

Konovalov ikkinchi qonuniga muvofiq umumiy bug' bosimi diagrammasidagi maksimum va minimumlarga to'g'ri keladigan nuqtalardagi eritmalar tarkibi bug'ning tarkibi bilan bir xil bo'ladi.

Tashqi bosim ortganda qaynash harorati ortadi. Agar suyuqliklar aralashmaydigan bo'lsa, istalgan tarkibda har ikkala komponentning partial bosimlari ularning toza holdagi bug' bosimlariga teng bo'ladi.

$$P_{umum} = P_A + P_B = P_A^0 + P_B^0 \quad (11)$$

Bir-birida aralashmaydigan A va B suyuqliklar sistemasini haydaganda ularning kondensatdagi miqdorlari nisbati

$$\frac{n_A}{n_B} = \frac{P_A^0}{P_B^0} \quad (12) \text{ bo'ladi.}$$

$n_A, n_B$  - A va B moddalarning kondensatdagi mollar soni,

$P_A^0, P_B^0$  - toza erituvchilar ustidagi bug' bosimi.

$$n_A = \frac{m_A}{M_A}, \quad n_B = \frac{m_B}{M_B} \text{ ligidan}$$

$$\frac{P_A^0}{P_B^0} = \frac{m_A \cdot M_B}{m_B \cdot M_A} \text{ yoki } \frac{m_A}{m_B} = \frac{M_B \cdot P_A^0}{M_A \cdot P_B^0} \quad (13)$$

Suv bug'i bilan haydaganda  $M_B = 18$

$$\frac{m_A}{m_{H_2O}} = \frac{M_B \cdot P_A^0}{18 \cdot P_B^0} \quad (14)$$

Tenglamaning chap tarafi bir birlik A modda uchun sarflanadigan suv miqdorini ko'rsatadi.

Kondensat tarkibidagi suyuqliklar massa ulushini  $G_A = \frac{m_A}{m_{H_2O} + m_A} \cdot 100$

(15) yoki  $G_A = \frac{P_A^0 \cdot M_A}{18 \cdot P_{H_2O}^0 + P_A^0 \cdot M_A} \cdot 100$  (16) tenglamalari bo'yicha hisoblanadi.

$$G_{H_2O} = 100 - G_A$$

### Masala yechish namunalari

**1-masala.** 27 g glyukoza 90 g suvda erishidan hosil bo'lgan eritmaning 50°C dagi bug' bosimini hisoblang. Suvning shu haroratdagi bug' bosimi 12320 Pa.

Yechish:  $\frac{P_A^0 - P_A}{P_A^0} = \frac{n_B}{n_A + n_B}$ ,  $M_{C_6H_{12}O_6} = 180$ ,  $M_{H_2O} = 18$

$$n_{C_6H_{12}O_6} = \frac{27}{180} = 0,15 \text{ mol}$$

$$n_{H_2O} = \frac{90}{18} = 5,0 \text{ mol}$$

$$P_A = P_A^0 - P_A^0 \cdot \frac{n_B}{n_A + n_B}$$

$$P_A = 12320 - 12320 \cdot \frac{0,15}{0,5 + 5} = 11961,17 \text{ Pa}$$

**2-masala.** 6,18 g anilin 740 g efirda erigan. 30°C da eritmaning bug' bosimi 85800 Pa. Erituvchining shu haroratdagi bug' bosimi 86380 Pa. Anilinning molekulyar massasini aniqlang.

Yechish:  $\frac{P_A^0 - P_A}{P_A^0} = \frac{n_B}{n_A + n_B}$ ,  $n_B = \frac{m_B}{M_B}$

$$n_{anilin} = \frac{m_{anilin}}{M_{anilin}}, n_{efir} = \frac{m_{efir}}{M_{efir}}$$

$$n_{anilin} = \frac{6,18}{M_{anilin}}, n_{efir} = \frac{740}{74} = 10 \text{ mol}$$

$$\frac{86380 - 85800}{86380} = \frac{\frac{6,18}{M_{anilin}}}{10 \text{ mol} + \frac{6,18}{M_{anilin}}}$$

$$6,71 \cdot 10^{-3} = \frac{6,18}{10 \text{ mol} + 6,18}$$

$$M_{anilin} = 91,5 \text{ g/mol}$$

**3-masala.** 12 g natriy nitrat 138 g suvda erigan. Eritmaning 20°C dagi bug' bosimi 2268,8 Pa. Shu haroratda suvning bug' bosimi 2337,8 Pa.  $NaNO_3$  ning ushbu eritmadagi dissotsiatsiya darajasini aniqlang.

Yechish: Elektrolit eritmasi uchun Raul qonuni  $\frac{P_A^0 - P_A}{P_A^0} = i \frac{n_B}{n_A + n_B}$ ,

$$M_{NaNO_3} = 85 \text{ g/mol}$$

$$M_{H_2O} = 18 \text{ g/mol}$$

$$n_A = \frac{138}{18} = 7,667 \text{ mol}$$

$$n_B = \frac{12}{85} = 0,141 \text{ mol}$$



$$i = \frac{(P_A^0 - P_A)(n_A + n_B)}{P_A^0 \cdot n_B}$$

$$i = \frac{(2337,8 - 2268,8)(7,667 + 0,141)}{2337,8 \cdot 0,141} = 1,634$$

$$i = 1 - \alpha(n - 1) \text{ edi. Undan } \alpha = \frac{i - 1}{n - 1}, n = 2$$

$$\alpha = \frac{1,634 - 1}{2 - 1} = 0,634$$

Demak,  $NaNO_3$  ning eritmadagi dissotsiatsiya darajasi  $\alpha = 63,4\%$

**4-masala.** 6,4 g naftalin ( $C_{10}H_8$ ) ning 117 g benzol ( $C_6H_6$ ) da erishidan hosil bo'lgan eritma  $80^\circ C$  da qaynaydi. Bu haroratda toza benzolning bug' bosimi 100500 Pa bo'lsa, atmosfera bosimini hisoblang.

Yechish: Qaynash haroratida eritma ustidagi bug' bosimi atmosfera bosimiga teng bo'ladi. Eritma ustidagi bug' bosimi  $P_A$  ni hisoblasak, atmosfera bosimini topgan bo'lamiz.

$$\frac{P_A^0 - P_A}{P_A^0} = \frac{n_B}{n_A + n_B} \text{ dan } P_A = P_A^0 \left(1 - \frac{n_B}{n_A + n_B}\right)$$

$$M_{C_{10}H_8} = 128 \text{ g/mol}$$

$$M_{C_6H_6} = 78 \text{ g/mol}$$

$$n_A = \frac{117}{78} = 1,5 \text{ mol}$$

$$n_B = \frac{6,4}{128} = 0,05 \text{ mol}$$

$$P_A = 100500 \left(1 - \frac{0,05}{1,5 + 0,05}\right) = 97258 \text{ Pa}$$

$$P_A = P_{atm} \quad P_{atm} = 97258 \text{ Pa}$$

**5-masala.** Benzol va toluol ideal eritma hosil qiladi. 293K da benzolning molyar hissasi 40% bo'lgan suyuq faza ustidagi umumiy bug' bosimini va bug' faza tartibini (molyar hissalarda) hisoblang.  $20^\circ C$  da toza benzol va toluolning bug' bosimlari  $1,020 \cdot 10^4$  va  $3,27 \cdot 10^3$  Pa.

Yechish: Suyuq fazadagi benzol va toluolning mol ulushlarini topib olamiz. Masala shartiga ko'ra  $N_{benzol} = 0,4$ . Demak,  $N_{toluol} = 1 - 0,4 = 0,6$

Benzol va toluolning partsiyal bug' bosimlarini hisoblaymiz.

$$P_b = P_b^0 \cdot N_b = 1,02 \cdot 10^4 \cdot 0,4 = 4,08 \cdot 10^3 \text{ Pa.}$$

$$P_t = P_t^0 \cdot N_t = 0,327 \cdot 10^4 \cdot 0,6 = 1,962 \cdot 10^3 \text{ Pa.}$$

Eritma ustidagi umumiy bug' bosimi

$$P_{umum} = P_b + P_t = 4,08 \cdot 10^3 + 1,962 \cdot 10^3 = 6,042 \cdot 10^3 \text{ Pa.}$$

Bug'dagi mol ulushlarni quyidagicha hisoblaymiz.

$$N_b = \frac{P_b^0}{P_{umum}} \cdot N_b^C = \frac{1,020 \cdot 10^4}{6,042 \cdot 10^3} \cdot 0,4 = 0,675 \text{ yoki } 67,5 \%$$

$$N_t = \frac{P_t^0}{P_{umum}} \cdot N_t^C = \frac{3,27 \cdot 10^3}{6,042 \cdot 10^3} \cdot 0,6 = 0,325 \text{ yoki } 32,5 \%$$

Shunday qilib, oson uchuvchi komponent miqdori suyuqlikka qaraganda bug'da ko'proq.

$$t_{qayn}^{benz} = 80,10^\circ C$$

$$t_{qayn}^{toluol} = 110,63^\circ C$$

**6-masala.** Ikki o'zaro aralashmaydigan suyuqliklar anilin suv sistemasi ustidagi bug' bosimi 371 K da  $9,999 \cdot 10^4$  Pa. Shu haroratda suvning bug' bosimi  $9,426 \cdot 10^4$  Pa. Tashqi atmosfera bosimi  $9,999 \cdot 10^4$  Pa bo'lganda 1 kg anilinni haydash uchun qancha suv olish kerak?

Yechish: 371K da anilinning bug' bosimini hisoblaymiz.

$$P_{anilin} = P_{umum} - P_{suv}$$

$$P_{anilin} = 9,999 \cdot 10^4 - 9,426 \cdot 10^4 = 5,73 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$\frac{m_A}{m_{H_2O}} = \frac{M_A \cdot P_A^0}{18 \cdot P_{H_2O}^0} \text{ ga binoan}$$

$$M_{anilin} = 93 \text{ g/mol}$$

$$\frac{m_{anilin}}{m_{H_2O}} = \frac{93 \cdot 5,73 \cdot 10^3}{18 \cdot 9,426 \cdot 10^4} = 0,314$$

$$m_{suv} = \frac{m_{anilin}}{0,314} = 3,185$$

1 kg anilinni haydash uchun 3,185 kg suv kerak.

### Mustaqil yechish uchun masalalar

1. 60g naftalinning 200g benzoldagi eritmasining  $40^\circ C$  dagi bug' bosimini hisoblang. Bu haroratda benzolning bug' bosimi 24144,6 Pa.

2. Glitserinning 270g da suvda eritmasi ustidagi bug' bosimi  $70^\circ C$  da 30470 Pa. Berilgan haroratda suvning bug' bosimi 31157 Pa bo'lsa, eritmada qancha glitserin erigan?

3. Suv bug'ining  $65^\circ C$  dagi bug' bosimi 25003 Pa. 34,2g shakar  $C_{12}H_{22}O_{11}$  ning 90g suvdagi eritmasining shu haroratdagi bug' bosimini hisoblang.

4.  $50^\circ C$  da suvning to'yingan bug' bosimi 12334 Pa. 900g suvda 50g etilenglikol erigan bo'lsa, eritmaning shu haroratdagi bug' bosimini hisoblang.

6. 20°C da 6,4 g naftalinning 90 g benzoldagi eritmasi ustidagi bug' bosimini hisoblang. Shu haroratda toza benzolning bug' bosimi 9953,82 Pa.

7. 303 K da bug' bosimi 2666 Pa ga kamayishi uchun uchun 50 mol efirda necha mol noelektrolit eritish kerak? 30°C da efirning bug' bosimi  $8,64 \cdot 10^4$  Pa.

8. 200g atsetonda 10,5g noelektrolit erigan. Eritma ustidagi bug' bosimi 21854,40 Pa. Atsetonning shu haroratdagi bug' bosimi 23939,35 Pa. Erigan moddaning molyar massasini hisoblang.

9. Efirning 293K da bug' bosimi 58920 Pa. 12,2g benzoy kislotasining 100g efirdagi eritmasining shu haroratdagi bug' bosimi esa 54790 Pa. Benzoy kislotasining molekulyar massasini hisoblang.

10. 66,6g kaltsiy xlorid 90g suvda erigan. Eritmaning 90°Cdagi bug' bosimi 56690 Pa. Shu haroratda suvning bug' bosimi 70101Pa bo'lsa, izotonik koeffitsientni hisoblang.

### **Suyultirilgan eritmalarning muzlash va qaynash haroratlari**

Eritmalar toza erituvchiga nisbatan past haroratda muzlashi va yuqori haroratda daynashini dastlab M.V.Lomonosov aniqlagan. Eritmalarning muzlash va qaynash haroratlari ular ustidagi to'yingan bug' bosimiga bog'liq.

Toza suyuqliklar qattiq holatdagi bug' bosimi suyuq holatdagi bug' bosimiga tenglashganda muzlaydi va uning ustidagi to'yingan bug' bosimi tashqi atmosfera bosimiga tenglashganda qaynaydi. Masalan, distillangan suv normal atmosfera bosimida 0°C da muzlaydi va 100°Cda qaynaydi.

Agar suvda biror uchmaydigan qattiq modda eritilsa, Raul qonuniga binoan eritmaning bug' bosimi pasayadi. Endi uni qaynatish uchun 100°Cdan yuqoriroq haroratgacha isitish kerak, chunki o'sha haroratda uning ustidagi bug' bosimi tashqi atmosfera bosimiga tenglashadi. Shunga o'xshash eritma, suvga nisbatan pastroq haroratda muzlaydi.

Erituvchi va eritma muzlash haroratlari orasidagi farq eritma muzlash haroratining pasayishi ( $\Delta t_m$ ) deyiladi.

$$\Delta t_m = t_{m \text{ erituvchi}} - t_{m \text{ eritma}} \quad (1)$$

$t_{m \text{ erituvchi}}$  - erituvchining muzlash harorati,

$t_{m \text{ eritma}}$  - eritmaning muzlash harorati.

Eritma va erituvchi qaynash haroratlari orasidagi farq qaynash haroratining ortishi ( $\Delta t_K$ ) deyiladi.

$$\Delta t_K = t_{K \text{ eritma}} - t_{K \text{ erituvchi}} \quad (2)$$

Raul ikkinchi qonuniga binoan eritma muzlash haroratining pasayishi va qaynash haroratining ortishi uning molyal konsentratsiyasiga to'g'ri proporsional.

$$\Delta t_m = K \cdot C_m \quad (3) \quad \Delta t_q = E \cdot C_m$$

K va E – krioskopik va ebulioskopik doimiyliklar.

Krioskopik konstanta faqat erituvchi tabiatiga bog'liq bo'lib, 1000g erituvchida 1 mol noelektrolit modda eriganda muzlash harorati qanchaga pasayishini ko'rsatadi.

Ebulioskopik konstanta, berilgan erituvchi uchun doimiy qiymat bo'lib, 1000g erituvchida 1 mol noelektrolit modda eriganda uning qaynash harorati qancha ortishini ko'rsatadi.

Krioskopik va ebulioskopik konstantalar qiymatlari jadvallarda beriladi.

(3) tenglamalar molyal konsentratsiya formulasini hisobga olganda quyidagicha yoziladi:

$$\Delta t_m = \frac{K \cdot a \cdot 1000}{b \cdot M} \quad \text{va} \quad \Delta t_q = \frac{E \cdot a \cdot 1000}{b \cdot M} \quad (4)$$

$$\text{Undan } M = \frac{K \cdot a \cdot 1000}{b \cdot \Delta t_m} \quad \text{va} \quad M = \frac{E \cdot a \cdot 1000}{b \cdot \Delta t_q} \quad (5)$$

bu erda, a- erigan modda massasi, g;

b- erituvchi massasi, g;

M – erigan modda molyar massasi.

(4) va (5) tenglamalar uchmaydigan noelektrolit moddalarning suyultirilgan eritmaları uchungina to'g'ri bo'ladi.

Elektrolit eritmaları uchun Raul qonuni quyidagicha ko'rinishda yoziladi.

$$\Delta t_m = iKC_m, \quad \Delta t_q = iEC_m \quad (6) \quad \text{va} \quad M = \frac{i \cdot K \cdot a \cdot 1000}{b \cdot \Delta t_m} \quad \text{va} \quad \Delta t_q = \frac{i \cdot E \cdot a \cdot 1000}{b \cdot \Delta t_q}$$

(5) tenglamaga asosan erigan noelektrolit moddaning molyar massasini (7) tenglama bo'yicha elektrolitning massasini hisoblash mumkin.

Kriometrik va ebuliometrik usullar bilan izotonik koeffitsientni ham aniqlash mumkin.

$$i = \frac{\Delta t_{m \text{ tajr}}}{\Delta t_{m \text{ naz}}} = \frac{\Delta t_{q \text{ tajr}}}{\Delta t_{q \text{ naz}}} \quad (8)$$

Izotonik koeffitsient aniqlangach, dissotsiatsiya darajasini topish mumkin.

$$i = 1 + \alpha(n-1) \quad \text{dan} \quad \alpha = \frac{i-1}{n-1} \quad (9)$$

Kuchsiz elektrolitlar uchun osmotik konsentratsiyani quyidagicha aniqlanadi.

$$C_{osm} = C_m [1 + \alpha(n-1)] \quad (10)$$

$C_m$  - molyal konsentratsiya,

$n$  - erigan moddaning 1 ta molekulasini dissotsiatsiyasidan hosil bo'lgan ionlar soni.

Eritmalarning osmotik bosimini muzlash va qaynash haroratlarining farqi orqali ham hisoblab topish mumkin.

$$\pi = \frac{\Delta t_m}{K} RT \quad \text{yoki} \quad \pi = \frac{\Delta t_q}{E} RT \quad (11)$$

Qon plazmasining osmotik bosimi 7,6-8,0 atm. O'rtacha 7,63 atm ga teng.

Qon plazmasining normadagi osmotik konsentratsiyasi 0,3 mol/l.

### Masala yechish namunalari

**1-masala.** Nitrobenzolning benzoldagi 8% li eritmasining muzlash va qaynash haroratlarini aniqlang.

$$K_{benzol} = 5,1, \quad E_{benzol} = 2,57, \quad t_{M\ benzol} = 5,5 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad t_{K\ benzol} = 80,2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

**Yechish:**  $\Delta t_m = \frac{K \cdot a \cdot 1000}{b \cdot M}$  va  $\Delta t_q = \frac{E \cdot a \cdot 1000}{b \cdot M}$  tenglamalardan foydalanamiz.

$$M_{nitrobenz} = 123,11$$

8 % li eritmada 8g nitrobenzol  
92g benzol

$$K_{benzol} = 5,1$$

$$\Delta t_m = \frac{5,1 \cdot 8 \cdot 1000}{123,11 \cdot 92} = 3,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{m\ eritma} = t_{m\ erituvchi} - \Delta t_m = 5,5 - 3,6 = 1,9 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Demak, eritma 1,9  $^\circ\text{C}$  da muzlaydi.

$$\Delta t_q = \frac{2,57 \cdot 8 \cdot 1000}{92 \cdot 123,11} = 1,81 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{q\ eritma} = t_{q\ erituvchi} - \Delta t_q = 80,2 + 1,81 = 82,01 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Eritma 82,01  $^\circ\text{C}$  da qaynaydi.

**2-masala.** 1000g suvda 29,4g noelektrolit modda erigan. Eritmaning muzlash haroratining pasayishi 1,6  $^\circ\text{C}$  bo'lsa, erigan moddaning molekulyar massasini aniqlang.

**Yechish:**  $M = \frac{1,86 \cdot 29,4 \cdot 1000}{1000 \cdot 1,6} = 341,8$ ; demak Erigan moddaning molekulyar massasi  $M=342$ .

**3-masala.** 18g natriy gidroksidning 150g suvdagi eritmasi normal atmosfera bosimida necha gradusda qaynaydi? Natriy gidroksidning eritmadagi dissotsiatsiya darajasi 65%.

Yechish: Natriy gidroksid molekulasini dissotsiatsiyalanganda 2 ta ion hosil bo'ladi.  $n = 2$ . Izotonik koeffitsientni hisoblaymiz.

$$i = 1 + \alpha(n - 1) = 1 + 0,65(2 - 1) = 1,65$$

$$M_{NaOH} = 40$$

Eritmaning molyalligini hisoblaymiz.

$$C_m = \frac{a \cdot 1000}{b \cdot M} = \frac{18 \cdot 1000}{150 \cdot 40} = 3M$$

$$\Delta t_{q\ eritma} = i \cdot E \cdot C_m = 1,65 \cdot 0,52 \cdot 3 = 2,57^\circ C$$

$$t_q = t_{q\ eritma} - t_{q\ erituvchi}$$

$$t_{q\ eritma} = t_{q\ erituvchi} + \Delta t_q = 100 + 2,57 = 102,57^\circ C$$

Eritma  $102,57^\circ C$  da qaynaydi.

**4-masala.** Uchmaydigan noelektrolit modda saqlagan suvli eritma -  $4,2^\circ C$  da muzlaydi. Eritmaning qaynash haroratini aniqlang.

Yechish:  $\Delta t_{q\ eritma} = t_{q\ erituvchi} - \Delta t_q = 0 - (-4,2) = 4,2^\circ C$

$$K_{H_2O} = 1,86 \quad E_{H_2O} = 0,52$$

$$\Delta t_m = K \cdot C_m \quad \text{dan} \quad C_m = \frac{\Delta t_m}{K} = \frac{4,2}{1,86} = 2,26m$$

$$\Delta t_q = E \cdot C_m = 0,52 \cdot 2,26 = 1,175^\circ C$$

$$t_{q\ eritma} = t_{q\ erituvchi} + \Delta t_q = 100 + 1,175 = 101,175^\circ C$$

**5-masala.** 19,46g natriy sulfatning 100g suvdagi eritmasining qaynash haroratining ortishi  $1,34^\circ C$ . Tuzning eritmadagi dissotsiatsiya darajasini hisoblang.

Yechish:  $M_{Na_2SO_4} = 142$ ,  $E_{H_2O} = 0,52$

$$\Delta t_q = \frac{i \cdot E \cdot a \cdot 1000}{b \cdot M} \quad \text{dan} \quad i = \frac{\Delta t_q \cdot b \cdot M}{E \cdot a \cdot 1000} = \frac{1,34 \cdot 100 \cdot 142}{0,52 \cdot 19,46 \cdot 1000} = 1,89$$

$$i = 1 + \alpha(n - 1) \quad \text{dan} \quad \alpha = \frac{i - 1}{n - 1} = \frac{1,89 - 1}{3 - 1} = 0,45 \text{ yoki } 45 \%$$

**6-masala.** Natriy xloridning suvli eritmasi  $-0,56^\circ C$  da muzlaydi. Eritmaning massa ulushi va molyal konsentratsiyasini aniqlang. Natriy xlorid to'la dissotsiatsiyalanadi deb hisoblang.

Yechish:  $\Delta t_m = t_{q\ erituvchi} - t_{q\ eritma} = 0 - (-0,56) = 0,56^\circ C$

$$K_{H_2O} = 1,86, \quad i = 1 + 1(2 - 1) = 2$$

$$\alpha = 1$$

$$\Delta t_m = i \cdot K \cdot C_m \quad C_m = \frac{\Delta t_m}{i \cdot K} = \frac{0,56}{2 \cdot 1,86} = 0,15$$

$$C_m = 0,15M$$

$$m_{NaCl} = n \cdot M = 0,15 \cdot 58,5 = 8,78$$

$$\omega \% = \frac{8,78}{1000 + 8,78} \cdot 100 = 0,87 \%$$

### **Mustaqil yechish uchun masalalar**

1. Muzlash harorati  $-15^{\circ}\text{C}$  bo'lgan antifriz tayyorlash uchun 1 kg suvga qancha etilenglikol qo'shish kerakligini hisoblang.

2.  $37^{\circ}\text{C}$  da osmotik bosimi 7,63 atm bo'lgan qonning muzlash harorati pasayishini hisoblang.

3. Antifriz tayyorlash uchun 9 l glitserin 30 l suvda eritildi. Antifrizning muzlash haroratini hisoblang. Glitserinning zichligi  $1261 \text{ kg/m}^3$ .

4. 1000 g suvda 2 mol rux xlorid saqlagan eritma  $-5,49^{\circ}\text{C}$  da muzlaydi. Rux xloridning eritmadagi dissotsiatsiya darajasini aniqlang.

5. 1 g naftalinning 20 g efirdagi eritmasining qaynash haroratini hisoblang. Efirning qaynash harorati  $34,5^{\circ}\text{C}$ .

6. 0,052 g kamforaning 26 g benzoldagi eritmasining muzlash haroratini pasayishi  $0,067^{\circ}\text{C}$  ga teng. Kamforaning molekulyar massasini hisoblang.

7. 10,6 g etil spirtli eritmada 0,401g salitsil kislota erigan. Bu eritma qaynash haroratining ortishi  $0,337^{\circ}\text{C}$ . Salitsil kislotaning molekulyar massasini aniqlang.

8. Ikkita suvli eritma berilgan. Birinchisida 0,25 mol shakar, ikkinchisida 0,13 mol kaltsiy xlorid erigan. Ikkala eritmada suvning massalari teng. Ikkala eritma bir xil haroratda qaynaydi. Kaltsiy xloridning eritmadagi dissotsiatsiya darajasini aniqlang.

9. 200g suvda 4,1 g natriy gidroksid erigan. Eritmada natriy gidroksidning dissotsiatsiya darajasi 88%. Eritmaning qaynash haroratini aniqlang.

10. 500g suvda 16,05g bariy nitrat saqlagan eritma  $100,122^{\circ}\text{C}$  da qaynaydi. Eritmaning izotonik koeffitsientini hisoblang.

### **Elektrolitlar va elektrolitmaslar eritmalari**

Elektrolitlar eritmalarida boradigan jarayonlar va ularning qonuniyatlari

Elektrolitmaslar eritmalari osmotik va bug' bosimini hisoblash

Agar erituvchi bilan eritma o'rtasiga yarim o'tkazgich parda qo'ysak bu parda orqali erituvchi eritmaga o'tib, uni suyultira boshlaydi. Erituvchining yarim o'tkazgich parda orqali o'tish jarayoni osmos

deyiladi. Bu jarayonda gidrostatik bosim vujudga keladi. Bu eritmaning osmotik bosimi deyiladi. Osmotik bosim kattaligi erituvchi va eruvchi moddaning tabiatiga bog'liq bo'lmasdan, faqat konsentratsiya va haroratga bog'liq. Bu bog'lanish Vant – Goff qonunida o'z ifodasini topgan:

$$p_{osm} = c \cdot RT$$

Bu yerda  $p_{osm}$  – eritmaning osmotik bosimi, Pa;

$c$  – eritmaning molyar konsentratsiyasi, mol/m<sup>3</sup>;

$T$  – absolyut harorat, 273 K;

$R$  – universal gaz doimiysi, 8,3144 J/(mol·K).

Eritmaning osmotik bosimi erigan modda ayni haroratda gaz holatida bo'lib, eritma hajmiga teng hajmni egallaganda ko'rsata oladigan bosimiga barobardir. Bu Vant – Goff qonunidir. Agar osmotik bosim eritma hajmiga ham bog'liqligini hisobga olsak uni quyidagicha ifodalaymiz:

$$p_{osm} = n \cdot RT/V$$

Ya'ni  $n$  – erigan modda miqdori va  $V$  – eritma hajmi chunki  $c = n/V$ .

Suyuqlik bilan muvozanatda turgan bug' to'yingan bug' deyiladi. Bu g' bosimiga teng bo'lgan harorat qaynash harorati deyiladi. Agar  $P_0$  – toza erituvchining bug' bosimi,  $P$  – eritmaning bug' bosimi bo'lsa,  $P_0 - P/P_0$  bug' bosimning nisbiy pasayishi bo'ladi.

1887 yilda fransuz olimi X.F.Raul quyidagi qonunni ta'rifladi: Eritma bug' bosimining nisbiy kamayishi  $\Delta P/P_0$  erigan moddaning molyar soni « $n_1$ » ning erituvchi molyar soni « $n_2$ » bilan erigan modda molyar soni « $n_1$ » ning yig'indisiga bo'lgan nisbatiga teng bo'ladi, lekin erigan modda tabiatiga bog'liq emas:

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{n_1}{n + n_1}$$

yoki  $n_1$  ning qiymati  $n_2$  ga nisbatan juda kichik ekanligini e'tiborga olsak, Raulning I qonuni  $\frac{P_0 - P}{P_0} = \frac{n_1}{n_2}$  formula ko'rinishiga ega bo'ladi.

### Masala yechish namunalari

**1–masala.** Eritma osmotik bosimini hisoblash. Tarkibida 63 g  $C_6H_{12}O_6$  saqlagan glyukoza eritmasining osmitik bosimini hisoblang.

Yechish: Dastlab eritmadagi glyukoza miqdorini hisoblaymiz:

$$n = 63/180,16 = 0,35 \text{ mol.}$$

Vant – Goff qonuniga asosan eritma osmotik bosimini hisoblaymiz:

$$p_{osm} = \frac{0,35 \cdot 8,314 \cdot 273}{1,4 \cdot 10^{-3}} \text{ H / m}^2 = 5,67 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

**2–masala.** Elektrolitmasning eritmasi osmotik bosimi bo'yicha molekulyar massasini aniqlash. Agar 5 l eritmada 2,5 g elektrolitmas



bo'lsa, bu elektrolitmasning molekulyar massasini aniqlang. Bu eritmaning 20°C dagi osmotik bosimi  $0,23 \cdot 10^5$  Pa ga teng.

Yechish. Miqdorni massa orqali  $n = m/M_r$  ifodalab quyidagini olamiz:

$$p_{\text{osm}} = mRT/(MV).$$

Bundan erigan moddaning molyar massasini topamiz:

$$M = mRT/(p_{\text{osm}}V) = \frac{2,5 \cdot 8,314 \cdot 293}{0,23 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-3}} = 52,96 \text{ g/mol}$$

**3–masala.** Eritma ustidagi erituvchi bug' bosimini hisoblash.

Tarkibida 34,23 g shakar –  $C_{12}H_{22}O_{11}$  saqlagan 45,05 g suvning 65°C da (bu haroratda suvning bug' bosimi  $2,5 \cdot 10^4$  Pa ga teng) eritma ustidagi bug' bosimini hisoblang.

Yechish. Raul qonunini ifodalasak: 
$$\frac{p_0 - p}{p_0} = \frac{n}{N + n}$$

Bunda  $p_0$  - toza erituvchi ustidagi bug' bosimi;  $p$  – eritma ustidagi erituvchi bug' bosimi;  $n$  – erigan modda miqdori, mol;  $N$  – Erituvchi miqdori, mol.  $M(C_{12}H_{22}O_{11}) = 342,3$  g/mol;  $M(H_2O) = 18,02$  g/mol.

Erigan modda va erituvchi miqdori:  $n = 34,23/342,3 = 0,1$ ;  $N = 45,05/18,02 = 2,5$  mol Eritma ustidagi bug' bosimi:

$$p = p_0 - p_0 \frac{n}{N + n} = 2,5 \cdot 10^4 - 2,5 \cdot 10^4 \frac{0,1}{2,5 + 0,1} = 2,5 \cdot 10^4 - 0,096 \cdot 10^4 = 2,4 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

**4–masala.** Agar 40°C da 28,5 g elektrolitmasni 785 g suvda eritilganda eritma ustidagi suv bug'i bosimini 52,37 Pa ga pasaytirgan bo'lsa, elektrolitmasning molekulyar massasini aniqlang. Ayni haroratda suv bug'i bosimi 7375,9 Pa ga teng.

Yechish. Raul qonuniga ko'ra dastlab modda miqdorini topishda uning massasini  $m_x$  g va molyar massasini  $M_x$  g/mol deb belgilab olib quyidagini olamiz:

$$\frac{p_0 - p}{p_0} = \frac{n}{N + n} \Rightarrow \frac{p_0 - p}{p_0} = \frac{m_x / M_x}{m_{H_2O} / M_{H_2O} + m_x / M_x} \Rightarrow$$

$$\frac{52,37}{7375,9} = \frac{28,5 / M_x}{785 / 18,02 + 28,5 / M_x} \Rightarrow \text{bundan } 0,309M_x + 0,202 = 28,5 \text{ tenglamani}$$

olib yechsak  $M_x = 91,58$  g/mol olinadi.

Demak elektrolitmas molyar massasi 91,58 g/mol ga teng ekan.

## Elektrolimaslar eritmalarining muzlash va qaynash haroratlarini aniqlash

Raulning ikkinchi qonuni ta'rif: eritma muzlash haroratining pasayishi va qaynash haroratining ko'tarilishi erigan moddaning molyal konsentratsiyasiga to'g'ri proporsionaldir.

Bu qonuning matematik ifodasi:  $\Delta t = A \cdot C$  yoki  $\Delta t = \frac{K \cdot 1000 \cdot a}{M \cdot b}$

bu yerda  $\Delta t$  – muzlash haroratining pasayishi yoki qaynash haroratining ko'tarilishi,  $a$  – erigan modda massasi,  $b$  – erituvchi massasi,  $M$  – erigan modda molyar massasi,  $K$  – proporsionallik koeffitsiyenti,  $C$  – molyal konsentratsiya.

Har qaysi erituvchi uchun “ $K$ ” o'zgarmas son. Muzlash harorati pasaygan holda u krioskopik, qaynash harorati ortgan holda esa ebulioskopik konstanta deyiladi.

**1–masala.** Elektrolitmas eritmaları qaynash va muzlash haroratlarini aniqlash.

10 g benzol tarkibida 1 g nitrobenzol  $C_6H_5NO_2$  saqlagan eritma qaynash va muzlash haroratlarini aniqlang. Benzolning krioskopik va ebulioskopik konstantalari tegishli 2,57 va 5,1°C. Sof benzolning qaynash harorati 80,2°C, muzlash harorati –5,4°C.

Yechish. Nitrobenzolning benzoldagi eritmasi qaynash haroratining ko'tarilishi: demak eritma qaynash harorati  $t_{qayn} = 2,09 + 80,2 = 82,29^\circ C$

Eritma muzlash haroratining pasayishi:  $\Delta t_{muz} = \frac{5,1 \cdot 1000 \cdot 1}{10 \cdot 123,11} = 4,14^\circ C$  yoki

bundan eritma muzlash haroratini topsak:  $t_{muz} = 5,4 - 4,14 = 1,26^\circ C$ .

**2–masala.** Eritmaning qaynash haroratiga ko'ra elektrlit eritmasning molekulyar massasini aniqlash.

0,552 g kamforaning 17 g efirdagi eritmasi toza efriga nisbatan 0,461° ga yuqori haroratda qaynaydi. Efrining ebulioskopik konstantasi 2,16°C. Kamforaning molekulyar massasini aniqlang.

Yechish. Kamforaning molekulyar massasini eritma qaynash harorati ko'tarilishi formulasidan foydalanib topamiz:  $M = \frac{K_{eb} \cdot 1000 \cdot a}{\Delta t_q \cdot b} \rightarrow$

$$M = \frac{2,16 \cdot 1000 \cdot 0,552}{0,461 \cdot 17} = 155,14$$

Demak kamforaning molekulyar massasi 155,14 ga teng.

**3–masala.** Erituvchi krioskopik konstantasini aniqlash. Agar etil spirtining ( $\omega = 11,3\%$ ) eritmasi  $-5^\circ C$  da muzlasa suvning krioskopik konstantasini aniqlang.

Yechish. Eritmaning muzlash haroratining pasayishini 75ichadi formulasidan krioskopik konstantani topamiz:

$$K_k = \frac{M \cdot \Delta t_{muz} \cdot b}{1000 \cdot a} = \frac{5,0 \cdot 88,7 \cdot 46,07}{1000 \cdot 11,3} = 1,81^\circ C.$$

Demak suvning krioskopik konstantasi  $K_k = 1,81^\circ C$ .

### Masala yechish namunalari

**1–masala.**  $0^\circ C$  da  $ZnSO_4$  ning 0,1 n eritmasidagi osmotik bosim  $1,59 \cdot 10^5$  Pa. Bu eritmaning izotonik koeffitsiyentini hisoblang.

Yechish. Elektrolitlar eritmaları uchun izotonik koeffitsiyent 1 dan katt, elektrolitmaslarn uchun esa bu qiymat 1 dan kichikdir:  $p_{osm} = i \frac{nRT}{V}$

bu yerda  $p_{osm}$ –eritmaning ichadi bosimi,  $i$ –eritmaning izotonik koeffitsiyenti,  $n$ –erigan modda miqdori,  $R$ –universal doimiylik, eritma harorati.

Formuladan foydalanib eritmaning izotonik koeffitsiyentini topamiz:

$$i = \frac{p_{osm}V}{nRT} = \frac{1,59 \cdot 10^5 \cdot 10^{-3}}{0,05 \cdot 8,3144 \cdot 273} = 1,4.$$

**2–masala.** Eritma ustidagi erituvchui bug' bosimi bo'yicha izotonik koeffitsiyentni aniqlash.

$100^\circ C$  da 100 g suv tarkibida 24,8 g KCl saqlagan eritma ustidagi bug' bosimi  $9,14 \cdot 10^4$  Pa. Agar shu haroratda suv bug'i bosimi  $1,0133 \cdot 10^4$  Pa ga teng bo'lsa, eritmaning izotonik koeffitsiyentini aniqlang.

Yechish. Elektrolitlar uchun Raulning 1-qonunini quyidagicha ifodalay olamiz:

$$\frac{p_0 - p}{p_0} = i \frac{n}{N + n}$$

$M(KCl) = 74,56$  g/mol bo'lsa  $n = 24,8/74,56 = 0,33$  mol

$M(H_2O) = 18,02$  g/mol bo'lsa  $N = 100/18,02 = 5,55$  mol.

Izotonik koeffitsiyentni hisoblaymiz:

$$i = \frac{(p_0 - p)(N + n)}{p_0 n} = \frac{(1,0133 \cdot 10^5 - 0,914 \cdot 10^5)(0,33 + 5,55)}{1,0133 \cdot 10^5 \cdot 0,33} = \frac{0,0993 \cdot 10^5 \cdot 5,88}{1,0133 \cdot 10^5 \cdot 0,33} = 1,75$$

**3–masala.** Eritma qaynash haroratining oshishi bo'yicha izotonik koeffitsiyentini hisoblash.

1000 g suvda 8 g NaOH saqlagan eritma  $100,184^\circ C$  da qaynaydi. Izotonik koeffitsiyentini ( $K_{eb}=0,516^\circ C$ ) aniqlang.

Yechish. Elektrolit eritmaları uchun Raulning 2-qonuni quyidagicha ifodalanadi:  $\Delta t_{qayn} = i \frac{K_{eb} \cdot 1000 g}{GM_r}$

NaOH ning molekulyar massasini aniqlaymiz 40,0 ga teng. Izotonik koeffitsiyent:  $i = \frac{\Delta t_{qayn} GM_r}{K_{eb} 1000 g} = \frac{0,184 \cdot 1000 \cdot 40}{0,516 \cdot 1000 \cdot 8} = 1,78$

**4–masala.** Izotonik koeffitsiyenti qiymati bo'yicha elektrolit disotsilanish darajasini aniqlash.

Kalsiy nitrat 0,2 n eritmasining izotonik koeffitsiyenti 2,48 ga teng. Bu elektrolitning disotsilanish darajasini aniqlang.

Yechish. Disotsilanish darajasi quyidagicha topiladi:  $\alpha = \frac{i-1}{n-1}$

bu yerda n – modda molekulasining disotsilanishida hosil bo'ladigan ionlar soni.

Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> disotsilanganda 3 ta ion hosil bo'ladi. Uning disotsilanish darajasi:  $\alpha = \frac{2,48-1}{3-1} = \frac{1,48}{2} = 0,74$  (yoki 74 %)

**5–masala.** Eritma 76ichadi bo'yicha elektrolitning disotsilanish darajasini aniqlash.

Agar litiy xloridning 0,1 n eritmasi 0,19 M 76ichad C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub> eritmasi bilan 0 °C da izotonik bo'lsa, LiCl ning disotsilanish darajasini aniqlang.

Yechish. 1 mol 76ichad 342,3 g. 0,19 M 76ichad eritmasining 76ichadi bosimi:

$$p_{osm} = \frac{mRT}{M_r V} = \frac{342,3 \cdot 0,19 \cdot 8,3144 \cdot 273}{342,2 \cdot 10^{-3}} = 4,31 \cdot 10^{-5} Pa$$

M(LiCl)=42,39g/mol bo'lsa, 76ichadi bosim bo'yicha LiCl ning izotonik koeffitsiyentini aniqlaymiz:

$$i = \frac{p_{osm} V}{nRT} = \frac{4,31 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-3} \cdot 42,39}{4,239 \cdot 8,3144 \cdot 273} = 1,9$$

0,1 n LiCl eritmasidagi disotsilanish darajasini aniqlaymiz:

$$\alpha = \frac{i-1}{n-1} = \frac{1,9-1}{2-1} = \frac{0,9}{1} = 0,9$$
 (yoki 90 %)

**6–masala.** Eritma ustidagi erituvchi bug'i bosimining pasayishi bo'yicha elektrolit disotsilanish darajasini aniqlash.

Natriy nitratning 20°C dagi eritmasi (ω=8 %) bug' bosimi 2268,8 Pa. Shu haroratdagi suv bug'ining bosimi 2337,8 Pa. Bu eritmadagi NaNO<sub>3</sub> ning disotsilanish darajasini aniqlang.

Yechish. Raulning birinchi qonuniga ko'ra NaNO<sub>3</sub> uchun izotonik koeffitsiyent qiymatini aniqlaymiz:

$$i = \frac{(p_0 - p)(N + n)}{p_0 n}$$

$M(\text{NaNO}_3) = 85,00 \text{ g/mol}; n = 8/85,00 = 0,094 \text{ mol};$

$M(\text{H}_2\text{O}) = 18,02 \text{ g/mol}; N = 92/18,02 = 5,105 \text{ mol};$

$$i = \frac{(2337,8 - 2268,8)(0,094 + 5,105)}{2337,8 \cdot 0,094} = \frac{69,0 \cdot 5,199}{219,75} = 1,63$$

Bu eritmadagi  $\text{NaNO}_3$  ning disotsilanish darajasini aniqlaymiz:

$$\alpha = 1,63 - 1/(2-1) = 0,63 \text{ (yoki } 63 \%)$$

Demak eritmadagi  $\text{NaNO}_3$  ning disotsilanish darajasi 63 % ga teng.

**7-masala.** Eritma muzlash haroratining pasayishi bo'yicha elektrolit disotsila-nish darajasini aniqlash.

2,5 l suvda 0,25 mol  $\text{HNO}_3$  saqlagan eritma muzlash harorati –  $0,35^\circ\text{C}$ . Bu eritmadagi kislotaning (suv uchun  $K_{kr}=1,85^\circ\text{C}$ ) disotsilanish darajasini aniqlang.

Yechish.  $\text{HNO}_3$  ning molekulyar massasi 63,01 g/mol. Raulning ikkinchi qonuniga ko'ra  $\text{HNO}_3$  eritmasi uchun izotonik koeffitsiyenti qiymatini aniqlaymiz:

$$i = \frac{\Delta t_{muz} GM_r}{K_{kr} \cdot 1000 g} = \frac{0,35 \cdot 2500 \cdot 63,01}{1,85 \cdot 1000 \cdot 63,01 \cdot 0,25} = 1,89$$

Bu eritmadagi  $\text{HNO}_3$  ning disotsilanish darajasini aniqlaymiz:

$$\alpha = 1,89 - 1/(2-1) = 0,89 \text{ (yoki } 89 \%)$$

Demak eritmadagi  $\text{HNO}_3$  ning disotsilanish darajasi 89 % ga teng.

**8-masala.** Eritilgan zarrachalar soni bo'yicha kuchsiz elektrolitning disotsilanish darajasini aniqlash.

Agar  $10^{-3}$  l eritmada  $6,82 \cdot 10^{18}$  ta erigan zarrachalar (disotsilanmagan molekula va ionlar) bo'lsa, bu 0,01 n eritmadagi chumoli kislotasining disotsilanish darajasini aniqlash.

Yechish. Chumoli kislotasining disotsilanishini quyidagicha ifodalash mumkin:  $\text{HCOOH} = \text{H}^+ + \text{HCOO}^-$

Elektrolitik disotsilanish darajasi  $\alpha$  quyidagicha topiladi:  $\alpha = \frac{n}{N} 100\%$

bu yerda n – ionlarga parchalangan molekular soni, N – erigan molekular umumiy soni.  $\text{HCOOH}$  ning 0,01n  $10^{-3}$  l eritmasida  $6,02 \cdot 10^{18}$  ta molekula bor. Disotsilanish darajasi  $\alpha$  qiymatini aniqlaymiz.

Tenglama bo'yicha n – molekula kislotadan 2n molekula ionlar hosil bo'ladi. Eritmada  $(6,02 \cdot 10^{18} - n)$  ta molekula disotsilanmagan bo'lib, barcha zarrachalar soni  $6,82 \cdot 10^{18} = (6,02 \cdot 10^{18} - n) + 2n = 6,02 \cdot 10^{18} + n$  ta; bundan  $n = 6,82 \cdot 10^{18} - 6,02 \cdot 10^{18} = 0,80 \cdot 10^{18}$ .

Disotsilanish darajasi  $\alpha$  qiymatini aniqlaymiz:  $\alpha = \frac{0,80 \cdot 10^{18}}{6,02 \cdot 10^{18}} 100 = 13,3\%$

**9–masala.** Disotsilanish konstantasi qiymatiga ko'ra kuchsiz elektrolitning disotsilanish darajasini aniqlash. Agar  $H_2S$  ning birinchi bosqich disotsilanish konstantasi  $1,1 \cdot 10^{-7}$  ga teng bo'lsa, shu bosqich bo'yicha sulfid kislotaning 0,1 M eritmasida vodorod sulfid disotsilanish darajasini aniqlang.

Yechish. Ostvaldning suyultirish qonuniga ko'ra disotsilanish konstantasi va darajasi quyidagicha formula bilan bo'g'liq:  $K_d = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)}c$

bu yerda  $K_d$ —disotsilanish konstantasi;  $c$ —elektrolit konsentratsiyasi, mol/l.

Juda kuchsiz elektrolitlar bo'lganda ( $\alpha \ll 1$ ) maxrajdagi  $1 - \alpha$  qiymati qisqaradi ya'ni  $\alpha$  qiymati juda kichik bo'lgani uchun uning 1 dan ayrilgan ayirma qiymati deyarli 1 ga teng deb olinadi va Ostvaldning suyultirish qonuni quyidagicha yoziladi:  $K_d = \alpha^2 c$

Sulfid kislota kuchsiz kislota bo'lgani uchun shu formula bo'yicha uning disotsilanish darajasini aniqlaymiz:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_d}{c}} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10^{-7}}{0,1}} = \sqrt{1,1 \cdot 10^{-6}} = 1,05 \cdot 10^{-3}$$

Birinchi disotsilanish bosqichi bo'yicha 78ichadi kislotaning disotsilanish darajasi 0,105 % ga teng.

**10–masala.** Elektrolit eritmasida uning disotsilanish darajasi bo'yicha ionlar konsentratsiyasini aniqlash.

Ammniy gidroksidning 0,01 M eritmasidagi ( $K_d = 1,77 \cdot 10^{-5}$ )  $OH^-$  ionlarining konsentratsiyasini aniqlang.

Yechish. Eritmadagi  $OH^-$  ionlarining konsentratsiyasini aniqlash uchun dastlab  $NH_4OH$  ning disotsilanish darajasini aniqlaymiz:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_d}{c}} = \sqrt{\frac{1,77 \cdot 10^{-5}}{10^{-5}}} = \sqrt{1,77 \cdot 10^{-3}} = \sqrt{0,177 \cdot 10^{-2}} = 0,42 \cdot 10^{-1} = 0,042$$

Eritmadagi  $OH^-$  ionlarining konsentratsiyasi:  $c_{OH^-} = 10^{-2} \cdot 0,042 \cdot 1 = 0,42 \cdot 10^{-3}$  mol/l.

Shuningdek  $OH^-$  ionlarining konsentratsiyasini quyidagicha 78ichadi ham mumkin:  $c_{OH^-} = \sqrt{K_d \cdot c}$  bundan  $c_{OH^-} = c \sqrt{\frac{K_d}{c}} = \sqrt{c^2 K_d} = \sqrt{K_d c}$

$$\text{ya'ni } c_{OH^-} = \sqrt{1,77 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-2}} = \sqrt{0,177 \cdot 10^{-6}} = 0,42 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$$

**11–masala.** 1000 g suvda 0,02 mol molyallikka ega  $K_2SO_4$  eritmasining ion kuchini toping.

Yechish. Elektrolitlarning suvli eritmalarida faollik (aktivlik) koeffitsiyenti eritmadagi barcha ishtirok etayotgan ionlarning zaryadai va konsentratsiyasiga bog'liq. Bu bog'liqlikni miqdoriy ifodalash uchun

eritmaning ion kuchi kiritilgan va u alohida eritmadagi ionlar konsentratsiyasi va zaryadiga bog'liq:

$$I = \frac{1}{2} (c_1 z_1^2 + c_2 z_2^2 + c_3 z_3^2 + \dots);$$

$$K_2SO_4 \text{ eritmasida ion kuchini topsak: } I_{K_2SO_4} = \frac{1}{2}(c_{K^+} z_{K^+}^2 + c_{SO_4^{2-}} z_{SO_4^{2-}}^2)$$

formuladan  $I = \frac{1}{2}(0,02 \cdot 2 \cdot 1^2 + 0,02 \cdot 2^2) = (0,04 + 0,08)/2 = 0,06$

**12–masala.** Kuchli elektrolit eritmasi faol konsentratsiyasini aniqlash.

500 g suvda 0,925 g  $CaCl_2$  saqlagan eritmadagi  $CaCl_2$  ni faol konsentratsiyasini aniqlang.

Yechish. Eritmda 500 g suvga 0,925 g  $CaCl_2$  saqlasa, unda 1000 g suvga 1,85 g  $CaCl_2$  to'g'ri keladi. Eritma molyalligi:

$$v(CaCl_2) = m(CaCl_2) / Mr(CaCl_2) = 1,85 / 111 = 0,017 \text{ mol/kg}$$

Eritma ion kuchini topamiz:

$$I = \frac{1}{2}(0,017 \cdot 2^2 + 0,017 \cdot 2 \cdot 1^2) = \frac{0,068 + 0,034}{2} = \frac{0,102}{2} = 0,051$$

Eritma ion kuchidan foydalanib ionlar uchun aktivlik koeffitsiyentini (ilovadagi jadvaldan) topamiz:  $f_{Ca^{2+}} = 0,057$ ;  $f_{Cl^-} = 0,85$ .  $Ca^{2+}$  va  $Cl^-$  iolari aktivligini topamiz.

$$a_{Ca^{2+}} = f_{Ca^{2+}} c_{Ca^{2+}} = 0,057 \cdot 0,017 = 0,00097 ;$$

$$a_{Cl^-} = f_{Cl^-} c_{Cl^-} = 0,85 \cdot 0,034 = 0,0289$$

Eritmadagi kalsiy xloridning faol konsentratsiyasini aniqlaymiz:

$$a_{CaCl_2} = a_{Ca^{2+}} a_{Cl^-}^2 = 0,097 \cdot (0,0289)^2 = 0,000008 = 8 \cdot 10^{-6}$$

**13–masala.** Eritma ion kuchi bo'yicha kuchli elektrolitning o'rtacha faollik koeffitsiyentini aniqlash.

100 g suvda 0,01 mol  $AgNO_3$  saqlagan kumush nitratning suvli eritmasidagi ionlar o'rtacha faollik koeffitsiyentini aniqlash.

Yechish. Dastlab eritmaning ion kuchini aniqlaymiz:

$$I = \frac{1}{2}(0,01 \cdot 1^2 + 0,01 \cdot 1^2) = \frac{0,01 + 0,01}{2} = 0,01$$

Debay–Hyukkel tenglamasiga asosan o'rtacha faollik koeffitsiyentini aniqlaymiz:  $\lg f = -Az_1 z_2 \sqrt{I}$ ,

bu yerda A–haroratga va erituvhchi tabiatiga bog'liq bo'lgan koeffitsiyent.

Suvli eritmalar uchun  $T=298 \text{ K}$  da  $A = 0,5117$ . Kumush nitrat eritmasida ionlarning o'rtacha faollik koeffitsiyentini aniqlaymiz:

$$\lg f_{\pm} = -0,5117 \cdot 1,1 \sqrt{0,01} = -0,05117 = 1,9488 ; f_{\pm} = 0,890$$

## Eruvchanlik ko'paytmasi

Qiyin eriydigan elektrolitning to'yingan eritmadagi ionlari konsentratsiyalari ko'paytmasi o'zgarimas haroratda doimiy qiymatga ega. Bu kattalik eruvchanlik ko'paytmasi (EK) deyiladi.

AgCl uchun quyidagicha topiladi:  $EK_{AgCl} = [Ag^+] \cdot [Cl^-]$ . Qachonki elektrolit molekulasida bir xil ionlardan birfan ortiq tutsa, unda eruvchanlik ko'paytmasini hisoblashda o'sha darajaga ko'tariladi. Masalan,  $EK(Ag_2S) = [Ag^+]^2 \cdot [S^{2-}]$ .

Umumiy holda ko'rib chiqsak,  $A_mB_n$  elektrolit uchun eruvchanlik ko'paytmasi:  $EK(A_mB_n) = [A]^m [B]^n$ .

Har xil moddalar uchun eruvchanlik ko'paytmasi har xil qiymatga ega. Masalan,  $EKCaCO_3 = 4,8 \cdot 10^{-9}$ ;  $EKAgCl = 1,56 \cdot 10^{-10}$ . Berilgan haroratda birikmaning eruvchanligini bilgan holda EK qiymatini oson 80ichadi mumkin.

## Masala yechish namunalari

**1-masala.** Ma'lum haroratdagi  $CaCO_3$  eruvchanligi 0,0069 yoki  $6,9 \cdot 10^{-3}$  g/l ga teng..  $CaCO_3$  uchun eruvchanlik ko'paytmasi qiymatini aniqlang.

Yechish. Eruvchanlikni mollarda ifodalaymiz:

$$S(CaCO_3) = (6,9 \cdot 10^{-3})/100,09 = 6,9 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$$

Har bir  $CaCO_3$  molekulasida eriganda bittadan  $Ca^{2+}$  va  $CO_3^{2-}$  ionlarini hosil qilsa, unda  $[Ca^{2+}] = [CO_3^{2-}] = 6,9 \cdot 10^{-5}$  mol/l. Bundan  $EKCaCO_3 = [Ca^{2+}] \cdot [CO_3^{2-}] = 6,9 \cdot 10^{-5} \cdot 6,9 \cdot 10^{-5} = 4,8 \cdot 10^{-9}$

EK qiymatini bilgan holda o'z navbatida birikmaning eruvchanligini mol'l yoki g'l da hisoblash mumkin.

**2-masala.**  $PbSO_4$  uchun  $EKPbSO_4 = 2,2 \cdot 10^{-8}$  g/l.  $PbSO_4$  eruvchanligini hisoblang.

Yechish.  $PbSO_4$  eruvchanligini x mol'l deb ifodalaymiz. Eritmaga o'tganda x mol  $PbSO_4$  x ta ion  $Pb^{2+}$  va x ta ion  $SO_4^{2-}$  hosil qiladi. Bundan:

$$[Pb^{2+}] = [SO_4^{2-}] = X$$

$$EKPbSO_4 = [Pb^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}] = X \cdot X = X^2$$

Eruvchanlikni g/l da ifodalangan qiymatini 80ichadi uchun topilgan kattalikni molekulyar massasiga ko'paytiramiz va quyidagini olamiz:

$$1,5 \cdot 10^{-4} \cdot 303,2 = 4,5 \cdot 10^{-2} \text{ g/l.}$$

Agar  $[Ag^+] \cdot [Cl^-] < EKAgCl$  – bo'lsa eritma to'yinmagan

$[Ag^+] \cdot [Cl^-] = EKAgCl$  – bo'lsa eritma to'yingan

$[Ag^+] \cdot [Cl^-] > EKAgCl$  – bo'lsa eritma o'ta to'yingan bo'ladi



Qiyin eriydigan birikmaning ionlari konsentratsiyalari ko'paytmasi qaymati eruvchanlik ko'paytmasi qiymatidan ma'lum haroratda katta bo'lgan holatdagina shu haroratda cho'kmasi hosil bo'ladi. Agar bu qiymatlar teng bo'lsa, cho'kma tushishi to'xtaydi. Qo'shilayotgan eritmalarning hajmi va konsentratsiyalarini bilgan holda hosil bo'ladigan tuzlar cho'kmaga tushish-tushmasligi haqida xulosa chiqarish mumkin.

**3-masala.** Teng hajmdagi 0,2 M  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  va  $\text{NaCl}$  eritmaları aralastirilganda cho'kma tushadimi?  $E_{\text{PbCl}_2} = 2,4 \cdot 10^{-4}$ .

Yechish. Teng hajmdagi eritmalar qo'shilganda hajm ikki marta oshib moddalarning konsentratsiyasi 2 marta oshadi va 0,1 mol/l ga yetadi. Demak eritmadagi  $\text{Pb}^{2+}$  va  $\text{Cl}^-$  ionlarining konsentratsiyasi ham 0,1 mol/l ga teng bo'ladi. Bundan:  $[\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{Cl}^-]^2 = 1 \cdot 10^{-1} \cdot (1 \cdot 10^{-1})^2 = 1 \cdot 10^{-3}$ .

Olingan bu qiymat  $E_{\text{PbCl}_2}$  ( $2,4 \cdot 10^{-4}$ ) dan oshib ketadi. Shuning uchun  $\text{PbCl}_2$  tuzining bir qismi cho'kmaga tushadi.

**4-masala.** Eritmadagi natriy bromidning qanday minimal konsentratsiyasida kumush iodid kumush bromidga o'tadi ( $E_{\text{AgI}} = 1,5 \cdot 10^{-16}$ ,  $E_{\text{AgBr}} = 6,3 \cdot 10^{-13}$ )?

Yechish. Kumush iodidning kumush bromidga aylanishi quyidagicha kechadi:

agar  $c(\text{Ag}^+)c(\text{Br}^-) > E_{\text{AgBr}}$  bo'lsa  $\text{AgI} + \text{NaBr} = \text{AgBr} + \text{NaI}$  boradi

$\text{AgI}$  ga nisbatan eritma to'yingan va undagi  $\text{Ag}^+$  ionlari konsentratsiyasi:

$$c_{\text{Ag}^+} = \sqrt{E_{\text{AgI}}} = \sqrt{1,5 \cdot 10^{-16}} = 1,23 \cdot 10^{-8} \text{ mol/l}$$

$E_{\text{AgBr}}$  qiymatidan kelib chiqqan holda  $c_{\text{Br}^-}$  ni aniqlaymiz:

$$\tilde{n}_{\text{Br}^-} = \frac{6,3 \cdot 10^{-13}}{1,23 \cdot 10^{-8}} = 5,12 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$$

Demak eritmadagi  $\text{NaBr}$  ning konsentratsiyasi  $5,12 \cdot 10^{-5}$  mol/l bo'lsa, kumush kumush bromidga o'ta boshlaydi.

**5-masala.** Yog'ingarchilik sharoitlarini aniqlash. Kaltsiy xlorid va natriy karbonatining 0,02 M eritmaları teng miqdorda aralastirilganda  $\text{CaCO}_3$  cho'kmasi hosil bo'ladimi? ( $E(\text{CaCO}_3) = 1,0 \times 10^{-3}$ )

Yechimi: teng miqdordagi  $\text{CaCl}_2$  va  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  eritmalarini aralastirganda aralashmaning hajmi 2 baravar ko'payadi va har bir ionning konsentratsiyasi 2 baravar kamayadi. Shunday qilib,

$$[\text{CaCl}_2] = [\text{Ca}^{+2}] = 0,02 \cdot 0,5 = 1 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$$

$$[\text{Na}_2\text{CO}_3] = [\text{CO}_3^{2-}] = 0,2 \cdot 0,5 = 1 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$$

Bu yerdan  $[\text{Ca}^{+2}][\text{CO}_3^{2-}] = 1 \cdot 10^{-2} \cdot 1 \cdot 10^{-2} = 1 \cdot 10^{-4}$ . Cho'kindi hosil bo'lmaydi, chunki  $1,0 \cdot 10^{-3} > 1 \cdot 10^{-4}$ .

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Афанасьев В.Н. и др. Практические работы по физической химии. – М.: Химия. -1982. Физик кимёдан амалий машғулотлар. –Тошкент.-Ўзбекистон. -1998. – 432 б. (Х.И. Акбаров да Р.С. Тиллаев таржимаси)
2. Акбаров Х.И. Физик кимёдан амалий машғулотлар (Электрохимия). – Тошкент. – 1991.-50 б.
3. Валезин Н.А. Практикум по физической и коллоидной химии. – М.: Просвещение.-1972.
4. Доробьева Н.К и др. Практикум по физической химии. -М. -1989.
5. Рустамов Ҳ.Р. Физик кимё.-Тошкент.-1980.
6. Физическая химия. Под ред. П.Д. Никольское.-М.: Химия.-1988.
7. Статистик термодинамика. Ўқув кўлланма. Тузувчи Саедуллаев В.У. – Тошкент.-1990.
8. Смирнова Е.А. Курс статической термодинамики и физической химии. - Учебные пособие 2-изд. –М. : Высшая школа.-1982.-456 с.
9. Климов И.И., Филько А.И. Сборник задач и вопросов по физической и коллоидной химии.-М.:Просвещение.-1983
10. Холдорова Т. Физик кимёдан масала ва машқлар тўплами. – Тошкент. –Ўқитувчи.-1997.
11. Стромбер А.Е., Семченко Д.П. Физическая химия. М. “Химия”: 2002.
12. Howard Devoe Thermodynamics and chemistry. A.P.Ch.E.University of Moryland, 2015.

## MUNDARIJA

	SO'Z BOSHI.....	4
	Fizik-kimyoviy kattaliklarning o'lchov birliklari va belgilanishlari	5
I BOB.	IDEAL GAZ QONUNLARI.....	6
	Masala yechish namunalari.....	9
	Mustaqil yechish uchun masalalar.....	14
II BOB.	KIMYOVIY TERMODINAMIKA.....	15
	Masala yechish namunalari.....	16
	Mustaqil yechish uchun masalalar.....	20
	Termokimyo. Gess qonuni.....	21
	Masala yechish namunalari.....	21
	Mustaqil yechish uchun masalalar.....	26
	Reaksiya issiqlik effektining haroratga bog'liqligi. Kirxgoff qonuni.....	26
	Masala yechish namunalari.....	27
	Mustaqil yechish uchun masalalar.....	30
	Termodinamikaning ikkinchi qonuni. Entropiya. Termodinamik potentsiallar..	31
	Masala yechish namunalari	33
	Mustaqil yechish uchun masalalar	36
III BOB.	FAZALARARO MUVOZANAT TERMODINAMIKASI.....	38
	Masala yechish namunalari.....	39
	Mustaqil yechish uchun masalalar.....	44
	Klauzius – Klapeyron tenglamasi.....	45
	Masala yechish namunalari.....	46
	Mustaqil yechish uchun masalalar.....	48
IV BOB.	SUYULTIRILGAN ERITMALARNING XOSSALARI.....	50
	Masala yechish namunalari.....	51
	Mustaqil yechish uchun masalalar.....	54
	Eritmalarning osmotik va bug' bosimlari.....	55
	Masala yechish namunalari.....	59
	Mustaqil yechish uchun masalalar.....	62
V BOB.	ERITMALAR. KONOVALOV QONUNLARI.....	63
	Masala yechish namunalari.....	64
	Mustaqil yechish uchun masalalar.....	66
	Suyultirilgan eritmalarning muzlash va qaynash haroratlari	67
	Masala yechish namunalari.....	69
	Mustaqil yechish uchun masalalar.....	71
	Elektrolitlar va elektrolitmaslar eritmalari.....	71
	Masala yechish namunalari.....	72
	Elektrolitmaslar eritmalarining muzlash va qaynash haroratlarini aniqlash.....	74
	Masala yechish namunalari.....	75
	Eruvchanlik ko'paytmasi.....	80
	FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR	

**MUROD AMONOVICH TURSUNOV,  
MUHAMMAD MUROD O'G'LI AMONOV**

**FIZIKAVIY KIMYO FANIDAN  
MASALALAR**