

TÜRKMENISTANYŇ BILIM MINISTRRLIGI

TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY

M. Nyýazberdiýewa

**“Organiki däl maddalaryň himiki tehnologiýasynyň nazary
esaslary” dersi boýunça meseleler toplumy**

Okuw gollanmasy

Aşgabat – 2010

Sözbaşy

Himiýa senagaty täze prosesleriň özleşdirilmeginiň we köneleriň kämilleşdirilmeginiň esasynda depginli ösüş ýolynda. Bir hatarda ylmy – tehniki meseleleri çözmekde fiziki – himiki analiziň usullary uly mana eýe bolýarlar. Tehnologiýanyň nazary esaslarynyň çözgüdi, tehniki hasaplamalaryň ýerine ýetirilişi, analizi we prosesleriň kämilleşdirilmegi şol usullary ulanmazdan asla mümkin bolmaýar.

Hünärmenler ýagdaý diagrammalar boýunça grafiki hasaplamalaryň usullaryny öwrenmelidir. Himiki diagrammalar bu özboluşly “kartalar” – olary “okap” we iş ýüzünde grafikanyň “dilini” ulanyp bilmeli. Şeýle diagrammalary düşünp bilmek berlen prosesin aýratynlyklaryny seljermäge kömek edýär, prosesi has oňalyý ýol bilen ugrukdyrmaga mümkinçilik döredýär. Himiki diagrammalar, taslamada hasaplamalaryň esasy bolup, täze tehnologik prosesleriň ornaşdyrylmagyna, önümçiligiň işjeňligine we önümiň hilini gowylandyrmaga ýol açýarlar.

Kitapda ýerleşdirilen mysallar we meseleler dersiň esasy bölümlerini öz içine alýar. Kitabyň her bölümünde hasaplamada ulanylmaly deňlemeler we formulalar getirilýär we düşündirilýär.

“Organiki däl maddalaryň himiki tehnologiýasynyň nazary esaslary” dersi boýunça meseleler toplumyndan ýeterlik doly kitaplaryň ýoklugy, awtory şu kitaby ýazmaga gönükdirdi.

Kitabyň mazmunyny gowylandyrmaga ýollanan seslenmeleri we teklipleri awtor uly minnetdarlyk bilen kabul eder.

I bap Gaz kanunlary.

I.1 Gazlaryň ýagdaý deňlemesi.

Awogadronyň kanunyny hasaba almak bilen ideal gazlaryň ýagdaý deňlemesini şeýle görkezmek bolýar:

$$PV = nRT$$

bu ýerde n – gazlaryň mol sany;

P – basyş, Mpa; V – gazyň göwrümi; R – uniwersal gaz hemişeligi; T – temperatura, K;

Bu deňlemä Mendeleew – klawperonyň deňlemesi hem diýilýär.

Belli bolşy ýaly, real gazlaryň häsiýetleri ideal gazlaryňkydan tapawutlanýar. Gazlaryň dykzlygy ýokarlandygyça molekulalaryň arasyndaky aralyk azalýar we şol tapawut ulalýar. Şonuň üçin real gazlaryň ýagdaý deňlemesine bir näçe düzetmeleri girizmeli bolýar, ýagny umumy göwrümi “ b ” ululyga çenli (molekulanyň hususy göwrümi) kiçilmegini we molekulalaryň özara dartylma güýçlerini hasaba almak bilen (içki basyş) basyşy ulaltmaly bolýar. Şonda ideal gazlaryň ýagdaý deňlemesiniň esasynda çykarylan Wan–der–Waalsyň real gazlar üçin hödürülenýän ýagdaý deňlemesi şeýle bolar:

$$(P + \Pi)(v - b) = RT$$

Bu ýerde b – molekulanyň hususy göwrüminiň takmynda dört essesi; $\Pi = a/v^2$

a we b – berlen gazyň häsiýetlerinde ideal gazdan tapawudynyň häsiýetlendirýän hemişelik ululyklar.

Şeýlelikde, gazyň 1 molyna degişiliginde Wan – der – Waalsyň real gazlar üçin ýagdaý deňlemesiniň görnüşi:

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$$

n mol üçin:

$$\left[P + a\left(\frac{n}{v}\right)^2\right](v - nb) = nRT$$

$$ýa - da \quad P = \frac{nRT}{V - nb} - \frac{an^2}{V^2}$$

I.1.1 Mesele

CO₂ – niň (M=44) howa (M=29) bilen garyndysynda 298 K temperaturada, 20 MPa umumy basyşda 15% (göw) CO₂ saklanýar. CO₂ – niň [% (mass.) we kg/m³] saklanyşyny we parsial basyşyny hasaplamaly.

Çözüdi:

Gaz garyndylar üçin komponentiň göwrüm bölegi (dolýar) mol bölegine deňlidir: $x = 0,15$;

$$y = \frac{44 \cdot 0,15}{44 \cdot 0,15 + 29(1 - 0,15)} = 0,211 \quad ýa - da \quad 21,1\% \text{ (mass.)}$$

Parsial basyş $P = 20 \cdot 0,15 = 0,3 \text{ MPa}$.

Göwrüm konsentrasiýasy:

$$C = \frac{44 \cdot 0,3 \cdot 10^6}{8,314 \cdot 10^3 \cdot 298} = 5,327 \text{ kg/m}^3$$

I.1.2 Mesele

333 k we $P = 5,3 \text{ Pa}$ şertlerde simap bugynyň (M = 200,6) dykzylygyny we udel göwrümini hasaplamaly.

Çözüdi:

$$\rho = m/V = \frac{MP}{RT} \text{ deňlemäni ulanyp, tapýarys:}$$

$$\rho = \frac{200,6 \cdot 5,3}{8,314 \cdot 10^3 \cdot 333} = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$V = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{0,4 \cdot 10^{-3}} = 2,6 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{kg}$$

I.1.3 Mesele

Eger wodorod 6000 m^3 göwrümlü gazgolderde, 300 K we $1303 \cdot 10^2 \text{ Pa}$ basyşda saklanýan bolsa, onda kadaly şertlerde onuň göwrümini we massasy kesgitlemeli.

Çözüdi:

Gazgolderde basyjy suwuklyk hökmünde suw alynýar, şonuň üçin wodorod onuň buglary bilen doýgunlaşýar. 300 K “b., $35,6 \cdot 10^2 \text{ Pa}$ deň. Gazgolderdäki wodorodyň kilomol sany we massasy:

$$n = \frac{(p-b)v}{RT} = \frac{(1303-35,6) \cdot 10^2 \cdot 6000}{8,314 \cdot 10^3 \cdot 300} = 305,4$$
$$m = 305,4 \cdot 2 = 610,8 \text{ kg}$$

I.1.4 Mesele

$22,2 \text{ l}$ ammiagy 293 K we $112 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ $2,2 \text{ l}$ çenli gysýarlar. Gysylmadan soň gazyň temperaturasynyň 303 K çenli ýokarlanýandygyny bilip gazyň ahyrky basyşyny kesgitlemeli.

Çözüdi:

$$P = \frac{nRT}{V-nb} - \frac{an^2}{V^2} \text{ deňlemäni ulanýarys.}$$

Formuladaky ululyklar:

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{111,2 \cdot 10^3 \cdot 0,0222}{8,314 \cdot 10^3 \cdot 293} = 1,01 \cdot 10^{-3} \text{ k mol};$$

$$a = 0,409 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{kmol}^2; b = 0,0373 \text{ m}^3/\text{kmol}$$

Şonda

$$P = \frac{1,01 \cdot 10^3 \cdot 8,314 \cdot 10^3 \cdot 303}{2,2 \cdot 10^{-3} - 1,01 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0373} - \frac{0,409 \cdot 10^6 \cdot 1,01^2 \cdot 10^{-6}}{2,2^2 \cdot 10^{-6}} = 1,09 \text{ MPa}$$

I.1.5 Mesele

$0,294 \text{ MPa}$ we 268 K şertlerde $400 \text{ m}^3 \text{ CO}_2$ ($M=44$) saklanýar. Suwuklandyrylan gazyň göwrümini hasaplamaly.

Çözüldi:

CO₂-niň massasy:

$$m = \frac{MPV}{RT} = \frac{44 \cdot 0,294 \cdot 10^6 \cdot 400}{8,314 \cdot 10^3 \cdot 268} = 2320 \text{ kg}$$

CO_{2(suw)} – ñ dykzlygy $S = 1190 \text{ kg/m}^3$;
diýmek:

$$V = \frac{m}{S} = \frac{2320}{1190} = 1,95 \text{ m}^3$$

I.1.6 Mesele

5 l göwrümlü awtoklawda, 300 K temperaturada 104 gr asetilen (M=26) saklanýar. Basyşy kesgitlemeli.

Çözüldi:

bu ýerde

$$P = \frac{nRT}{V - nb} - \frac{an^2}{V^2};$$

$$n = \frac{0,104}{26} = 4,10^{-3} \text{ k mol}$$

$$a = 0,4286 \cdot 106 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{k mol}; b = 0,0511 \text{ m}^3/\text{kmol}$$

$$P = \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot 8,314 \cdot 10^3 \cdot 300}{5 \cdot 10^{-3} - 4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0511} - \frac{(4 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0,428 \cdot 10^6}{(5 \cdot 10^{-3})^2} = 1,81 \text{ Mpa}$$

I.1.7 Mesele

Kadaly şertlerde kompressoryň öndürijiligi 1500 m³/sag. Girelgede howanyň basyşy $P = 5 \text{ Mpa}$ (50 atm) we temperaturasy 370 k bolanda, kompressordan çykýan howanyň göwrümini we onda saklanýan O₂-niň, N₂-nyň, Ar – nyň parsial basyşlaryny kesgitlemeli.

Çözüldi:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2};$$

$$V_2 = \frac{P_1 \cdot V_1 \cdot T_2}{P_2 \cdot T_1} = \frac{1 \cdot 1500 \cdot 370}{50 \cdot 273} = 40,8 \text{ m}^3$$

Howanyň düzümi [% (göw)]: 20,5O₂; 78,5 N₂; 1 % Ar.

Parsial basyşlar (atm)

$$P_{O_2} = 50 \cdot 0,205 = 10,2; \quad P_{N_2} = 50 \cdot 0,785 = 39,3; \quad P_{Ar} = 50 \cdot 0,01 = 0,5.$$

ýa – da MPa ölçege

$$P_{O_2} = 1,02; \quad P_{N_2} = 3,93 \text{ we } P_{Ar} = 0,05$$

I.1.8 Mesele

Otnositel çyglylygy 73,5% we temperaturasy 300K (27⁰C) bolan 20 l howanyň düzüminde saklanýan suwuň mukdaryny kesgitlemeli. Doýgun suw buglarynyň parsial basyşy 35,6 · 10² Pa (26,8 suw.süt.mm) deň.

Çözüdi:

Howanyň 73,5% otnositel çyglylygynda onuň suw buglarynyň parsial basyşy:

$$P = 0,735 \cdot 35,6 \cdot 10_2 = 26,2 \cdot 10_2 \text{ Pa}$$

20 l howada gözlenýän suwuň mukdary:

$$m = \frac{MPV}{RT} = \frac{18 \cdot 0,02 \cdot 26,2 \cdot 10^2}{8,314 \cdot 10^3 \cdot 300} = 0,38 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

I.1.9 Mesele

0,5 MPa monometrik basyşda we 300 K temperaturada kompressor 500 m³/sag howa berýär. Emele gelyän suwuklandyrylan howanyň göwrümini kesgitlemeli. Howanyň düzümi [% (göw)]: 21O₂, 78N₂ we 1Ar, CO₂, H₂S we beýleki garyndylar (M=29).

Çözüdi:

Berlen basyşda 500m³ howanyň massasy

$$m = \frac{MPV}{RT} = \frac{29 \cdot 0,5 \cdot 10^6 \cdot 500}{8,314 \cdot 10^3 \cdot 300} = 2907 \text{ kg}$$

Suwuklandyrylan howanyň dykzlygy – 0,86 gr/l
suwuklandyrylan howanyň gözlenýän göwrümi:

$$2907/0,86 = 3380 \text{ l.}$$

I.1.10 Mesele

320 K – de we 0,109 MPa basyşda gazgolderden 1400 m³/sag. Wodorod iberilýär. Wodorodyň şol mukdaryndan näçe ammiak (M=17) (ýitgilerini hasaba almazdan) emele getirip bolýar.

Çözüdi:

1400 m³ wodorodyň massasy:

$$m = \frac{MPV}{RT} = \frac{2 \cdot 0,109 \cdot 10^6 \cdot 1400}{8,314 \cdot 10^3 \cdot 320} = 115 \text{ kg}$$



Ammiagyň gözlenýän massasy:

$$115 \frac{34}{6} = 625 \text{ kg}$$

I.1.11 Mesele

1 m³ göwrümi 298 K – de we kadaly basyşda (0,1011 · 10⁶Pa) doldyrmak üçin näçe geliý (M=4) gerek bolar? 0,082 MPa we 240 K gazyň göwrümi näçe?

Çözüdi:

$$m = \frac{P \cdot V \cdot M}{RT} \quad \text{deňlemäni ulanyp tapýarys:}$$

$$m = \frac{0,1011 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 4}{8,314 \cdot 10^3 \cdot 298} = 0,164 \text{ kg}$$

Gazyň göwrümi:

$$V = \frac{0,164 \cdot 22,4}{4} = 0,920 \text{ l}$$

Gazyň göwrüminiň gözlenýän üýtgemesini

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} \quad \text{deňleme boýunça tapýarys:}$$

$$V_2 = \frac{P_1 V_1 \cdot T_2}{P_2 T_1} = \frac{0,1011 \cdot 10^6 \cdot 0,920 \cdot 240}{0,082 \cdot 10^6 \cdot 298} = 0,915 \text{ m}^3$$

I.1.12 Mesele

Gazgolderde 0,3 MPa basyşda we 298 K temperaturada 3500 m³ wodorod saklanýar. Berlen temperaturada, ýöne 13 MPa basyşda şol wodorod bilen doldyrmak üçin, göwrümi 20 l bolan, näçe balon gerek bolar?

Çözgüdi:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad \text{deňlemäni ulanýarys:}$$

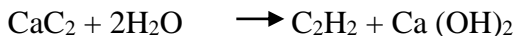
$$V_2 = \frac{P_1 \cdot V_1 \cdot T_2}{T_1 \cdot P_2} = \frac{3500 \cdot 0,3 \cdot 298}{13 \cdot 298} = 81 \text{ m}^3$$

$$\text{Gözlenýän balonlaryň sany: } \frac{81}{0,02} = 4050$$

I.1.13 Mesele

9500 Pa basyşda we 293 K temperaturada 9 kg kalsiý karbidyndan (M=64,1) näçe litr asetiten (M=26) alyp bolar?

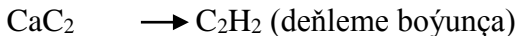
Prosesde geçýän reaksiýa:



Kalsiý karbidynda 10% garyndy maddalar saklanýar.

Çözgüdi:

Asetilenyň alnyşynyň stehiometriki çyzgydy:



9 kg kalsiý karbidynda: $9 - 0,9 = 8,1$ kg CaC_2 saklanýar.

Emele gelýän C_2H_2 :

$$m_{\text{C}_2\text{H}_2} = \frac{m_{\text{CaC}_2} \cdot M_{\text{C}_2\text{H}_2}}{M_{\text{CaC}_2}} = \frac{8,1 \cdot 26}{64,1} = 3,3 \text{ kg}$$

Gözlenýän göwrüm:

$$V = \frac{m_{\text{C}_2\text{H}_2} \cdot RT}{M_{\text{C}_2\text{H}_2} \cdot P} = \frac{3,3 \cdot 8,311 \cdot 10^3 \cdot 293}{26 \cdot 9500} = 0,32 \text{ m}^3$$

I.1.14 Mesele

Düzüminde [% (göw)] 50 H_2 ; 30 N_2 ; 18 CO_2 we 2 H_2O saklanýan, 298 K we 0,15 MPa şertlerde gaz garyndysynyň dykzlygyny hasaplamaly.

Çözgüdi:

$$M_{\text{gar}} = 0,5 \cdot 2 + 0,3 \cdot 28 + 0,18 \cdot 44 + 0,02 \cdot 18 = 17,7$$

Gözlenýän dykzlyk:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{PM_{\text{gar}}}{RT} = \frac{0,15 \cdot 10^6 \cdot 17,7}{8,314 \cdot 10^3 \cdot 298} = 1,07 \text{ kg/m}^3$$

I.1.15 Mesele

600 l göwrümi tutýan, basyşy 1,5 MPa ýokary bolmadyk 50 kg N_2 -ň ($M=28$) gyzdyryp boljak temperaturasyny hasaplamaly.

Çözüldü:

50 kg – bu $50/28 = 1,8$ k mol

Kadaly şartlerde: $V = 1,8 \cdot 22,4 = 38,2 \text{ m}^3$

Diýmek:

$$T_2 = T_1 \frac{P_2 T_2}{P_1 \cdot V_1} = 273 \frac{1,5 \cdot 600}{0,1011 \cdot 38,2} = 636 \text{ K}$$

II bap

Önümçilikler boýunça hasaplamalar

II.1 Gaty materiallaryň düzümi we häsiýetnamasy.

Gaty maddalaryň we olaryň garyndylarynyň düzümini erginler üçin ulanylýan konsentrasiýalaryň birliklerinde hem kesgitlemek bolýar. Ýöne şol ýagdaýda göwrüm-massada, mol-göwrümde we göwrüm birliklerde aňlatmak oňaýly bolmaýar; şonuň üçin olary ulanmaýarlar.

Adatça gaty materiallaryň düzümini konsentrasiýalaryň şeýle birliklerinde aňladýarlar:

massa gatnaşyklarda (mas / mas) ýa-da ;
 massa görerimlerde;
 mol – massalarda (mol sanynyň massa birligine);
 mollarda ;
 atomlarda, ekwiwalentlerde.

Çig materiallaryň düzümini gury maddalara görä we tersine öwürmegi şeýle geçirýärler.

Belläli:

$P_{\text{ç}}$ we $P_{\text{ç}}^1$ - çig materiallyň aýratyn düzümi bölekleriniň saklanyş görerimi;

ç - berlen materiallyň çiglylygy, %.

$P_{\text{ç}}^1$ - çig materialda düzümi bölekleriniň umumy jemi, analiz

boýunça, %

P_{gur} - gury materialyň aýratyn düzümi bölekleriniň gözlenýän ululygy, %.

Hasaplama üçin deňlemeler:

$$P_{\text{gur}} = \frac{100 P_{\text{ç}}^1}{100 - \text{ç}}$$

$$P_{\text{gur}} = \frac{100^2 \cdot P_{\text{ç}}^1}{(100 - \text{ç}) P_{\text{ç}}^1}$$

$$P_{\zeta} = \frac{P_{\text{gur}}}{100 - \zeta} \cdot 100$$

II.1.1 Mesele

Gipsde (iki suwly kalsiý sulfatynda) suwuň we kalsiý sulfatynyň mukdaryny kesgitlemeli:

Çözüdi:

$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – nyň 172 deň bolan molekulýar massasyny 100 % diýip kabul edýäris

Suwly gipsde saklanýar, %:

$$\text{H}_2\text{O} \frac{2 \cdot 18}{172} \cdot 100 = 20.93$$

$$\text{CaSO}_4 \frac{136}{172} \cdot 100 = 79.07$$

II.1.2 Mesele

Natriý alýuminatynyň (Na Al_2) O_2 düzümine 1 kmoldan Na_2O we Al_2O_3 girýär. Natriý alýuminatynda Na_2O -nyň we Al_2O_3 massa göterimini kesgitlemeli.

Çözüdi:

Natriý alýuminatyň düzümi bölekleriniň molekulýar massalary:

$$\text{Na}_2\text{O} - 62, \text{Al}_2\text{O}_3 - 102$$

$$\text{Na}_2\text{O} \frac{62}{62+102} \cdot 100 = \frac{62}{164} \cdot 100 = 37,8 \%$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 \frac{102}{62+102} \cdot 100 = \frac{102}{164} \cdot 100 = 62,2 \%$$

II.1.3 Mesele

Apatit – nefelin magdanynda (analiz boýunça) P_2O_5 -ň 20,6 % we Al_2O_3 -ň 8% saklanýar. Eger apatityň formulasyny $Ca_5(PO_4)_3F$, nefelinyňkyny bolsa $Na_2O \cdot K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$ we magdanda P_2O_5 apatit görnüşinde, Al_2O_3 bolsa nefelin görnüşinde saklanýar diýip kabul edilse, onda magdanda saklanýan apatityň we nefelinyň mukdarlaryny hasaplamaly:

Çözüdi:

100 kg magdanda saklanýar, kg:

$$\begin{aligned} \text{apatit} &= \frac{504 \cdot 20,6}{1,5 \cdot 42} = 48,7 \text{ (48,7 \%)} \\ \text{nefelin} &= \frac{498,3 \cdot 8}{101} = 39,1 \text{ kg (39,1\%)} \end{aligned}$$

bu ýerde 504, 142, 498,3 we 101 deňşlilikde apatityň, P_2O_5 -ň, nefelinyň we Al_2O_3 -ň molekulýar massalary
100 kg magdanda beýleki saklanýan bölekler :

$$100 - 48,7 - 39,1 = 12,2 \text{ kg}$$

II.1.4 Mesele

Çig magnezityň düzümi : 0,08% SiO_2 ; 0,01% Fe_2O_3 ; 40,16% MgO ; 0,36% CaO ; 6,24% H_2O . Köýdürilende ýüze çykyan ýitgiler – 53,18% ($\Sigma=100,03\%$).

Berlen düzümi suwsyz ýagdaýa görä hasaplamaly.

$$P_{\text{gury}} = \frac{100^2 \cdot P_w}{(100-w) \cdot \Sigma P_w^l} \quad \text{deňlemä laýyklykda}$$

bu ýerde P_w^l – çig materiallarda aýratyn düzümleriň böleginiň saklanylşy, % w – çyglylyk

Çözüldi:

$$\text{SiO}_2 \frac{100^2 \cdot 0,08}{(100-6,24) \cdot 100,03} = 0,09 \%$$

$$\text{CaO} \frac{100^2 \cdot 0,36}{(100-6,24) \cdot 100,03} = 0,38 \%$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 \frac{100^2 \cdot 0,01}{(100-6,24) \cdot 100,03} = 0,01 \%$$

$$\text{MgO} \frac{100^2 \cdot 40,16}{(100-6,24) \cdot 100,03} = 42,82 \%$$

Köydürilende ýüze çykýan ýitgiler

$$\frac{100^2 \cdot 53,18}{(100-6,24) \cdot 100,03} = \underline{56,70\%}$$

$\Sigma = 100\%$

II.2 Stehiometriki hasaplamalar.

Maddalaryň himiki üýtgemegi bilen amala aşyrylýan tehnologik prosesleriň hasaplamalary düzüm hemişeligi (постоянство состава) we galyndysyz gatnaşygy (кратные отношения) ýaly stehiometriki kanunlara esaslanýar.

Düzüm hemişeligi kanunyna görä, islendik madda, emele geliş usulyna seredilmezden, hemişelik takyk düzüme eýedir. Galyndysyz gatnaşyklar kanuny boýunça ýönekeý ýada çylşyrymly maddanyň emele gelmeğinde onuň

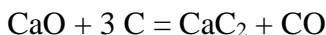
molekulasyna elementler atom nassalarynyň deň ýa-da galyndysyz bölünýän mukdarlarynda girýärler.

II.2.1 Mesele

Düzümde 90% CaC_2 – bolan kalsiý karbidyň önümçiliginiň harçlanyş koefisiýentlerini hasaplamaly. Önümçilik üçin ulanylýan çig mal: hek (85% CaO); kömür (96% uglerod).

Çözüdi:

Kalsiý karbidynyň önümçiligi şeýle deňleme boýunça aňladylýar:



Şert boýunça 1 tonna önümde 900 kg CaC_2 saklanýar. 900 kg CaC_2 -ň emele gelmegi üçin alynmaly CaO -ň mukdary:

$$\frac{900 \cdot 56}{64} = 787,5 \text{ kg}$$

bu ýerde 56 we 64 – degişlilikde CaO -ň we CaC_2 -ň molekulýar massalary.

Hekiň arassalygyny göz önünde tutup iş ýüzündäki harçlanyş koefisiýenti;

$$\frac{787,5}{0,85} = 926,47 \text{ kg}$$

900kg CaC_2 -ň emele gelmegine zerur bolan uglerodyň mukdary:

$$\frac{900 \cdot 3 \cdot 12}{64} = 506,25 \text{ kg}$$

Alynýan kömüriň harçlanyş koefisiýenti:

$$\frac{506,25}{0,96} = 527,34 \text{ kg}$$

Diýmek 1 tonna kalsiý karbidyny öndürmek üçin 926,47 kg hek we 527,34 kg kömür gerekdir.

II.2.2 Mesele

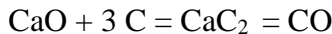
Düzüminde (mas.%) CaC_2 - 78, CaO - 15, C -3, beýleki garyndylar – 4 bolan kalsiý karbidynyň önümçiliginde hekiň we kömüriň harçlanma koefisiýentlerini hasaplamaly.

Hekde 95,5% CaO ; kömürde 4% kül, 4% uçygy maddalar we 3% çyglylyk saklanýar.

Hasaplamany 1 t tehniki önüme görä geçirmeli.

Çözüdi:

Kalsiý karbidynyň alnyşynda şeýle himiki reaksiýa geçýär:



1 tonna önümde 0,78 t CaC_2 saklanýar.

Hekiň (CaO) harçlanyşy (t):

Stehiometrik gatnaşyk boýunça

$\text{CaO} - \text{CaC}_2$

56 – 64

x – 0,78

$$x = \frac{56 \cdot 0,78}{64} = 0,682 \text{ t CaO}$$

bu ýerde 56 we 64 - degişlilikde CaO -ň we CaC_2 -ň molekulýar massalary.

Reagirleşmedik CaO :

$$1 \cdot 0,15 = 0,15 \text{ t CaO}$$

Jemi: $0,682 + 0,15 = 0,832 \text{ t CaO}$

Ulanylýan tehniki hek boýunça

$$\frac{0,832}{0,955} = 0,871 \text{ t}$$

Uglerodyň harçlanylşy, t:

CaC₂-ň emele gelmeginde :

3C - CaC₂

3·12 - 64

x - 0,78

$$x = \frac{3 \cdot 12 \cdot 0,78}{64} = 0,44 \text{ t}$$

bu ýerde :12 we 64 – degişlilikde C-ň we CaC₂-ň molekulýar massalary

Reagirleşmedik uglerod:

$$1 \cdot 0,03 = 0,03 \text{ t}$$

Jemi: $0,44 + 0,03 = 0,47$

Kömürde saklanýan uglerodyň mukdary:

$$100 - (4 + 4 + 3) = 89\%$$

Diýmek kömüriň harçlanylşy:

$$\frac{0,47}{0,89} = 0,53 \text{ t.}$$

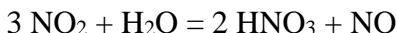
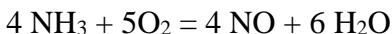
II.2.3 Mesele

Ýylda 100000 t azot kislotasyny öndürmek üçin gerek bolan ammiagyň mukdaryny we ammiagyň oksilenmegine harçlanýan howany kesgitlemeli. Şeh ýylda 355 gün işleýär, azotyň oksidiniň çykymy 0,97, absorbsiýanyň derejesi 0,92, gury ammiakly howanyň garyndysynda ammiagyň saklanylşy 7,13 % (mass).

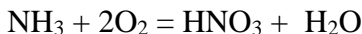
Çözüdi:

Ammiakdan azot kislotasynyň alynmagynda ammiagyň okislenmegi birinji tapgyr bolup durýar. Bu usul boýunça ammiak howanyň kislorody bilen platina katalizatoryň gatnaşmagynda $800 - 900^0$ C-de azotyň oksidlerine çenli okislendirilýär. Soňra azotyň dioksidini suwa siňdirip azot kislotasyny alýarlar.

Prosesiň geçişini aşakdaky deňlemeler bilen şekillendirmek bolýar:



Maddy hasaplamalarda bu tapgyrlaryň jemleýji deňlemesini ulanmak bolýar, ýagny:



Okislenme we absorbsiýa derejelerini hasaba alyp 100000 t HNO_3 -i öndürmek üçin ammiagyň mukdary:

$$\frac{100000 \cdot 17}{(63 \cdot 0,97 \cdot 0,92)} = 30\,238 \text{ t}$$

bu ýerde :

17 - NH_3 -ň molekulýar massasy

63 - HNO_3 -ň molekulýar massasy

Ammiagyň harçlanylşy:

$$\frac{1000 \cdot 30238}{355 \cdot 24} = 3550 \text{ kg/sag}$$

$$\frac{3550 \cdot 22,4}{17} = 4678 \text{ m}^3/\text{sag.}$$

ýa-da

Okislenmä harçlanýan howa (ammiakly-howa garyndynyň düzüminde):

$$\frac{4678 (100 - 7,3)}{7,3} = 36000 \text{ m}^3$$

bu ýerde 7,3 – ammiagyň garyndyda saklanylşy.

Göwrüm görterimde:

$$\frac{(7,13/17) \cdot 100}{(7,13/17) + (92,87/29,0)} = 11,6 \%(\text{göw.})$$

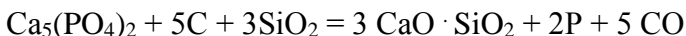
II.3 Özbaşdak işlemek üçin mysallar.

1. Duzly – sulfat önümçiligi üçin (1t Na₂SO₄ boýunça) harçlanma koeffisiýentlerini hasaplamaly. Önümçilikde ulanylýan nahar duzynda 97% NaCl, kuporos ýagynda 93% H₂SO₄ saklanýar. NaCl-ň dargama derejesi 93%. Önümçilikde emele gelýän hlworodorodyň mukdaryny kesgitlemeli.

2. 1 t hek daşy ýakylanda 168 m³ uglerodyň dioksidi emele gelýär. Hek daşyň düzüminde 94 % Ca CO₃ bar. Hek daşyň dargama derejesini we 1000 m³ CO₂ emele gelmegi üçin hek daşyň harajatyны kesgitlemeli.

3. 1t superfosfaty öndürmek üçin zerur bolan, düzüminde 72% üçkalsiý fosfaty Ca₃(PO₄)₂ saklaýan, apatityň mukdaryny kesgitlemeli. Taýar önümde 19,4% P₂O₅ saklanýar, önümçilikde onuň ýitgisi 2% deň.

4. Fosforit konsentratyndan 1t fosfory dikeltmek üçin reagentleriň harajatyны hasaplamaly. Prosesiň geçiş ýoly



deňleme bilen şekillendirilýär.

Konsentratyň düzüminde 25% P₂O₅ saklanýar. Koksda 94,5% uglerod bar. Fosforyň dikeltme derejesi 0,85.

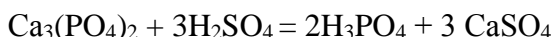
5. Düzümünde 92% CaC_2 saklanýan kalsiý karbidini öndürmek üçin önümçiligiň harçlanma koeffisiýentlerini kesgitlemeli. Çig mal hökmünde ulanylýan kömürde 96% uglerod bar. Hek 85% CaO saklaýar.

6. 1t 30%-li duz kislotasynyň sulfat usuly bilen alynmagynyň teoretiki harçlanyş koeffisiýentlerini hasaplamaly.

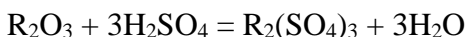
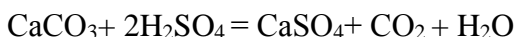
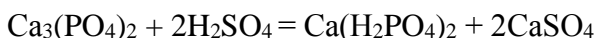
7. Eger başda alynan maddalar: 55%-li fosfor kislotasy, 98%-li ammiak, 2% çyglylyk bolanda, 1t ammoniý fosfatynyň $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ önümçiligi üçin çig-malyň harçlanyş koeffisiýentlerini kesgitlemeli.

8. Eger kükürtli kolçedan magdanynda kükürdiň mukdary 45%, çydlylygy 1,5%, kolçedany ýakmak üçin iberilýän howanyň artykmaçlygy 1,5 esse bolsa, onda 1 t kükürt oksidi üçin harçlanyş koeffisiýentini kesgitlemeli.

9. Düzümünde 70% $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ bolan fosforitden fosfor kislotasyny öndürmek üçin gerek bolan 70%-li H_2SO_4 -ň massa mukdaryny hasaplamaly. Prosesiň himiki reaksiýasynyň deňlemesi:



10. Fosforit kükürt kislotasy bilen dargadylanda superfosfat alynýar. Şonda şeýle reaksiýalar geçiýär:



Eger fosfatyň düzüminde 25,5% P_2O_5 , 4,1% CO_2 we 5,9% R_2O_3 saklansa, onda bu prosesde kükürt kislotasynyň harajatyny hasaplamaly.

III bap

Termodinamikanyň birinji kanunynyň esasynda geçirilýän hasaplamalar.

III.1 Maddy balans.

Ýokarda bellänimize görä, islendik tehnologik prosesin ýa-da onuň bölüminiň maddy balansy maddanyň massasynyň saklanma kanunyna esaslanylýan düzülýär

$$\Sigma m_{baş} = \Sigma m_{ah} \quad (1)$$

bu ýerde $\Sigma m_{baş}$ - prosese girizilýän maddalaryň massasynyň jemi.

Σm_{ah} - emele gelýän önümleriň massasynyň jemi.

Şeýlelikde, eger haýsy bolsa-da bir apparata ýa-da tehnologik bölüme A maddanyň m_A kg, B maddanyň m_B kg we s.m. iberilse, himiki gaýtadan işlenmeginiň netijesinde bolsa C önümiň m_c kg, D önümiň m_D kg we s.m. emele gelse (appatdan çykarylsa), şeýle hem önümlerde başlangyç A, B maddalaryň m^1_A , m^1_b we s/m/ galsa onda olaryň arasynda deňagramlylyk saklanmalydyr, ýagny

$$m_A + m_B + \dots = m_c + m_D + \dots + m^1_A + m^1_B + \dots + \Delta m \quad (2)$$

bu ýerde m – önümçilikde ýüze çykýan önümiň ýitgileri.

Reaksiýa gatnaşýan maddalar, emele gelýän önümler ýa-da aýratyn himiki elementler boýunça edilen hasaplamalaryň netijelerini adaty maddy balansyň tablisasyna toplaýarlar.

Maddy balansyň tipiki tablisasy (reagirleşýän maddalaryň umumy massasyna göre) 1-nji tablisida görkezilýär: Tabl. 1

Giriş		Çykyş	
Girizilýän maddalar	Mukdary, kg	Çykarylýän maddalar	Mukdary, kg
A maddasy	m_A	A maddasynyň galyndyşy	m^1_A
B maddasy	m_B	B maddasynyň galyndyşy	m^1_B
		C önümi	m_c
		D önümi	m_D
		Önümçilik ýitgileri	Σ
Jemi:	m	Jemi:	m

Şertlere laýyklynda maddy balans çig malyň ýa-da önümiň birliginde (1 kg, 1 kmol we s.m.) ýa-da 100 birliginde (100 kg we s.m.), ýa-da 1000 birliginde (1000 kg we s.m.) bolmaly. Köplenç balans massa akymynyň wagt birligi (adatça kg/sag) ýa-da apparada iberilýän akymyň bütinligi boýunça düzülýär.

III.1.1 Mesele

Ammiak selitrasynyň 56% - li ergininiň 9200 kg bugartma prosesine iberilýär. Bugardylandan soň NH_4NO_3 – ñ 96% - li ergininden 5350 kg emele gelyär. Bugartma prosesiniň maddy balansyny düzmeli.

Çözüdi:

Bugardyjy apparata 9200kg ammiak selitrasynyň 9200kg girizilýär. Prosesden çykarylýan bölümi aşakdakylardan ybaratdyr:

a) ammiakly selitrasynyň bugardylan ergininiň 5350kg mukdary;

b) erginden bölünip aýrylýan bugyň (ikilenji bug)mukdary;

ç) apparada girizilýan erginiň we bugardylan erginiň, hemde ikilenji bugyn mukdarlarynyň tapawudyndan hasaplanýan önümçilik ýitgileri.

Bugardyjy apparatda ammiakly selitrasynyň ergininden aýrylýan bugunyň mukdaryny hasaplaýaryş (kg).

Bugardylmaga berilýän 56%-li selitranyň ergininde saklanýan suwuň mukdary:

$$9200 \cdot (1 - 0,56) = 4048 \text{ kg}$$

Bugargyjy apparatdan çykarylýan bugardylan erginiň düzümindäki suwuň mukdary:

$$5350 \cdot (1 - 0,96) = 214 \text{ kg}$$

Ikilenji bug görnüşinde erginden aýrylýan suwuň mukdary:

$$4048 - 214 = 3834 \text{ kg}$$

önümçilik ýitgileri:

$$9200 - 9184 = 16 \text{ kg}$$

Hasaplamalaryň netijeleriniň esasynda maddy balansyň tablisasyny düzýäris.

Ammiakly selitranyň bugardylma prosesiniň maddy balansy: Tabl. 2

Giriş		Çykyş	
Girizilýän maddalar	Mukdary, kg	Çykarylýän maddalar	Mukdary, kg
Bugardylmadyk ammiakly selitrasynyň 56%-li ergini	9200	Bugardylan ergin(96%-li) Ikilenji bug Önümçilik ýitgileri	5350 3834 16
Jemi:	9200	Jemi:	9200

III.1.2 Mesele

Kristallaşdyrma prosesinde kükürtturşy misiň (CuSO_4) ergini 100°C -den 20°C çenli sowadylýar. Şonda 1kg başlandyç erginden emele gelyän mis kuporosynyň ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) mukdaryny kesgitlemeli. 100°C kükürtturşy misiň 100gr suwda ereýjiligi 75 gr, 20°C -de bolsa 20,7 gr deňdir.

Çözgüdi:

Başlangyç CuSO_4 -ň 1 kg ergininden emele gelyän mis kuporosynyň massasyny “M” kg diýip belläli. Onda enelik ergininiň massasy (1-m)kg bolar.

Kükürtturşy misiň başlangyç konsentrasiýasy:

$$C_{\text{baş}} = \frac{75 \cdot 100}{75 + 100} = 42,86 \%$$

Kükürtturşy misiň ahyrky konsentrasuýasy:

$$C_{\text{ahyr}} = \frac{20,7 \cdot 100}{20,7 + 100} = 17,15\%$$

Kristallaşdyrma prosesine iberilýän we ondan çykarylýan bölekleriň hasaplamalary.

Giriş.

1kg başlangyç ergininde 100⁰ C-de saklanýan CuSO₄-ň massasy: 0,4286kg

Çykyş.

Emele gelen mis kuporosyň düzüminde saklanýan CuSO₄-ň massasy:

$$\frac{159 \cdot m}{249}$$

bu ýerde 159 - CuSO₄-ň molekulýar massasy
249 - CuSO₄ · 5H₂O-ň molekulýar massasy

Enelik ergininde 20⁰ C-da CuSO₄-ň massasy 0,1715 (1-m)kg

$$\text{Şeýlelikde: } 0,4286 = \frac{159 \cdot m}{249} + 0,1715 (1-m)$$

$$\text{Diýmek } m = 0,55 \text{ kg}$$

Mis kuporosynyň kristallaşdyrma prosesiniň maddy balansy Tabl. 3

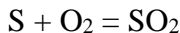
Giriş		Çykyş	
CuSO ₄ ergini (100 ⁰ C-de)	1kg	Miskuporosy enelik ergini	Mukdary, kg
			0,55
			0,45
Jemi:	1kg	Jemi:	1kg

III.1.3 Mesele

Öndürijiligi gije – gündizde 60 tonna bolan kükürt ýakylýan peçň maddy balansyny düzmeli. Kükürdiň okislenme derejesi 0,95 (galan kükürt uçýar we peçň daşynda ýanýar). Howanyň artykmaçlyk koeffisienti $x = 1,5$. Hasaplanmany ýakylýan kükürt boýunça peçň kg/sag-ky öndürijiligine görä geçirmeli.

Çözüldi :

Kükürdiň ýakylma prosesiniň deňlemesi:



Peçň kg/sag-ky öndürililigi:

$$60 \cdot 10^3 / 24 = 2500 \text{ kg/sag}$$

Kükürdiň massasy:

a) SO_2 çenli okislenen

$$2500 \cdot 0,95 = 2375 \text{ kg}$$

b) Okislenmedik SO_2

$$2500 - 2375 = 125 \text{ kg}$$

Okislenmede harçlanýan kislorod:

$$2375 \cdot 22,4 / 32 = 1663 \text{ m}^3$$

Kislorodyň artykmaçlygyny hasaba alnanda

$$1663 \cdot 1,5 = 2495 \text{ m}^3$$

ýa-da $2495 \cdot 32 / 22,4 = 3560 \text{ kg}$

kislorod bilen girizilýän azot:

$$2495 \cdot 79 / 21 = 9380 \text{ m}^3$$

ýa-da $9380 \cdot 28 / 22,4 = 11700 \text{ kg}$

bu ýerde 79;21 – deňişlilikde howanyň düzüminde saklanýan azotyň we kislorodyň mukdary; 28 – azotyň molekulýar massasy

Reaksiýa boýunça emele gelýän SO_2

$$2375 \cdot 64 / 32 = 4750 \text{ kg}$$

ýa-da $4750 \cdot 22,4 / 64 = 1663 \text{ m}^3$

Reaksiýada harçlanman galan kislorod

$$1663 \cdot 0,5 = 832 \text{ m}^3$$

ýa-da $832 \cdot 32 / 22,4 = 1185 \text{ kg}$

Peçin maddy balansynyň tablisasy

Tabl. 4

Giriş	kg	m ³	Çykyş	kg	m ³
S	2500		S	125	
O ₂	3560	2495	SO ₂	4750	1663
			O ₂	1185	831
N ₂	11700	9380	N ₂	11700	9380
Jemi	17760	11875	Jemi	17760	11874

III.1.4Mesele

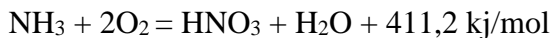
Bir tonna azot kilotasy boýunça ammiagyň okislenme bölümini maddy balansyny düzmeli.

NH₃-ň NO çenli okislenme derejesi – 0,97, N₂ çenlisi – 0,03, NO-dan NO₂ çenlisi – 1,0 Absorbsiýa derejesi – 0,92. Gury ammiakly howa garyndysynda ammiagyň saklanylşy 7,13 % (göwr.) Howa suw bugy bilen 30⁰C-de doýgunlaşýar. Otnositel çyglylyk 80 %.

Çözüdi:

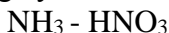
Howadaky kislorod bilen ammiak okislendirilende azot kislotasyny alýarlar, emele gelýän azodyň oksidlerini bolsa soňra gaýtadan işleýärler.

Ammiakdan azot kislotasynyň önümçiligi şeýle deňlemä esaslanýar:



Ammiagyň azotyň oksidine çenli okislenmegi platinanyň ýa-da oksid katalizatoryň üstünde geçýär. Soňra azotyň oksidi giokside çenli okislendirilýär we soňky suw bilen azot kislotasynda siňdirilýär.

Deňlemä laýyklykda 1 kmol NH₃ – dan 1 kmol HNO₃ emele gelýär. 1 tonna HNO₃ öndürmek üçin zerur bolan NH₃:



$$17 - 63$$

$$x - 1$$

$$x = \frac{17 \cdot 1}{63} = 0,27 \text{ tNH}_3$$

Okislenme derejani we absorbsiya derejesini nazara alyp:

$$\frac{0,27}{0,97 \cdot 0,92} = 0,302t = 302 \text{ kg}$$

$$ya - da \frac{302 \cdot 22,4}{17} = 398 \text{ m}^3$$

1 tonna HNO_3 - e harçlanýan howa:

ammiakly – howa garyndysynda howanyň saklanylyşy

$$100 - 7,13 = 92,87\%$$

Diýmek, $302 \cdot 92,87 = 28046,74 \text{ kg}$

$$ya - da \frac{28046,74 \cdot 22,4}{29} = 21664 \text{ m}^3$$

bu ýerde 29 – howanyň molekulýar massasy.

Şol sanda

$$O_2 \frac{21664 \cdot 21}{100} = 4549,4 \text{ m}^3$$

$$ya - da \frac{4549,4 \cdot 32}{22,4} = 6499,2 \text{ kg}$$

$$N_2 \frac{21664 \cdot 79}{100} = 17114,5 \text{ m}^3$$

$$ya - da \frac{17114,5 \cdot 28}{22,4} = 21393,2 \text{ kg}$$

Prosesse 21664 m^3 gury gaz berilýär. Suw bugynyň parsial basyşy 30°C -de we 80% otnositel çyglylykda $0,8 \cdot 4,22$

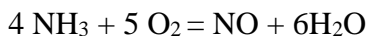
$\cdot 10^3 = 3,38 \cdot 10^3$ Pa deňdir. (bu ýerde $4,22 \cdot 10^3 - 30^0\text{C}$ -de suw bugynyň basyşy).

Gazyň we suwuň berliş mukdary:

$$\frac{21664 \cdot 3,38 \cdot 10^3}{[(101 - 3,38) \cdot 10^3]} = 742,5 m^3$$

$$ýa - da \frac{742,5 \cdot 18}{22,4} = 596,64 kg$$

Emele gelýän azot oksidiniň mukdary:



$$398 \cdot 0,97 = 386,06 m^3$$

$$ýa - da \frac{386,06 \cdot 30}{22,4} = 517,04 kg$$

bu ýerde 30 – NO-nyň molekulýar massasy

Reaksiýa boýunça emele gelýän suw:

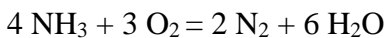
$$\frac{386,06 \cdot 6}{4} = 579,09 m^3$$

$$ýa - da \frac{579,09 \cdot 18}{22,4} = 465,34 kg.$$

Reaksiýada harçlanýan kislorodyň mukdary:

$$\frac{386,06 \cdot 5}{4} = 482,53 m^3$$

$$ýa - da \frac{482,53 \cdot 32}{22,4} = 689,39$$



reaksiya boýunça emele gelyän

$$\text{azot } \frac{386,06 \cdot 0,03}{4} = 5,79 \text{ m}^3$$

$$\text{ýa - da } \frac{5,79 \cdot 28}{22,4} = 7,24 \text{ kg}$$

$$\text{suw } \frac{386,06 \cdot 6 \cdot 0,03}{4} = 17,37 \text{ m}^3$$

$$\text{ýa - da } \frac{17,37 \cdot 18}{22,4} = 13,96 \text{ kg.}$$

$$\text{harçlanýan kislorod } \frac{386,06 \cdot 3 \cdot 0,03}{4} = 8,69 \text{ m}^3$$

$$\text{ýa - da } \frac{8,69 \cdot 32}{22,4} = 12,41 \text{ kg}$$

Nitrozaly gazlaryň düzümi:

	kg		m ³
	N 517,04		386,06
O ₂	6499,2	6499,2 – 459,6 – 12,41	= 6027,19
N ₂	21393,2	21393,2 + 7,24	= 21400,47
H ₂ O	596,64	465,94 + 596,64 + 13,96	= 1076,5
		Jemi:	29021,21

1 tonna HNO₃ boýunça maddy balansyň tablisasy: Tabl. 5

Giriş	kg	Çykyş	kg
Ammiakly howa garyndysy:		Nitrozaly gazlar:	
NH ₃	302	NO	517,04
O ₂	6499,22	N ₂	21400,47
N ₂	21393,2	O ₂	6027,19
H ₂ O	596,64	H ₂ O	1076,5
Jemi	28791,06	Jemi	29021,2

$$\text{Otnositel ýalňyşlyk: } \frac{29021,2 - 28791,06}{29021,2} \cdot 100 = 0,83\%$$

III.1.5 Mesele

Etilenyň howa bilen göni katalitiki okislenmeginde etilenyň oksidynyň önümçiliginiň maddy balansyny düzmeli.

Başlangyç gaz garyndysynyň düzümi, %: etilen – 3, howa – 97. Etilenyň okislenme derejesi 0,5. Hasap 1t etilenyň oksidi boýunça geçirmeli.

Çözüdi:

Etilenyň oksidi – dürli sintezleriň wajyp ýarym önümleriniň biri. Diýeli etilenglikolyň, lak eredijileriniň, plastifikatorlaryň, etanolaminleriň, emulgirleýji we ýuwujy serişdeleriň emele gelme sintezlerinde etilenyň oksidi ulanylýar.

Oksid etilenyň alynmagynyň iki usuly ulanylýar:

1. Etilenyň gipohlorirlenmeginde etilenhloridridyndan hlörly wodorodynyň bölüp aýrylmagy.

2. Etilenyň göni katalitiki okislenmegi. Howa bilen etilenyň garyndysy kümüş katalizatoryň üstünden 250-280°C temperaturada geçirilende etilenyň oksidy emele gelýär



Ony gaz garyndysyndan suwly absorbsiýa bilen çykarýarlar; galyndy gazy 2-nji kontakt apparatyna iberýärler. 1tn etilenyň oksidini almak üçin reaksiýa boýunça harçlanýan etilenyň mukdary:

$$\frac{28 \cdot 1000}{44} = 640 \text{ kg}$$

Okislenme derejesini hasaba almak bilen:

$$\frac{640}{0,5} = 1280 \text{ kg ýa-da } \frac{1280 \cdot 22,4}{28} = 1020 \text{ m}^3$$

Etilen howa garyndysynda howanyň göwrümi

$$\frac{1020 \cdot 97}{3} = 33000 \text{ m}^3$$

şol sanda kislorodyň göwrümi: $32923,1 \cdot 0,21 = 6913,8\text{m}^3$

ýa-da

$$\frac{6800 \cdot 32}{22,4} = 9700 \text{ kg.}$$

azotyň göwrümi: $32929,1 \cdot 0,79 = 26009,2 \text{ m}^3$ ýa-da

$$\frac{26009,2 \cdot 28}{22,4} = 32511,6 \text{ kg.}$$

Okislenmäge harçlanan kislorod:

$$\frac{1018,2 \cdot 0,5}{2} = 254,5\text{m}^3$$

Okislenme önümlerinde kislorodyň mukdary:

$$6913,8 - 2545 = 6559,3\text{m}^3$$

$$\text{ýa-da } \frac{6545 \cdot 32}{22,4} = 9543,2 \text{ kg}$$

1 tn etilenyň oksidi boýunça maddy balansyň tablisasy: Tabl. 6

Giriş	kg	m ³	Çykyş	kg	m ³
Etilen	1280	1020	Etilenyň oksidi	1000	510
Kislorod	9700	6800	Etilen	640	510
Azot	32,500	26200	Kislorod	9340	6545
			Azot	32500	26200
Jemi:	43480	34020	Jemi:	43480	33765

III.1.6 Mesele

Portland sement üçin sementli klinkeryň önümçiliginde ulanylýan peçň maddy balansyny düzmeli. (1 tn klinker boýunça).

Şihtanyň düzümine girýän komponentler: gurluşyk toýun – 20% we hek daşy 80%.

Çig malyň düzümi, % : gurluşyk toýun – SiO₂ 72, Al₂O₃ – 16,0

$\text{Fe}_2\text{O}_3 - 7,0$, $\text{K}_2\text{O} - 1,7$, $\text{Na}_2\text{O} - 3,3$; hek daşy – $\text{CaCO}_3 - 95$, garyndy – 5.

Çözüdi:

Portland sement – ýokary mehaniki durnukly, suw siňdirmeyän, sowyga çydamly in ýaýran gidrawliki berkidiji maddalaryň biri.

Portland sementiň bu häsiýetleri klinkeryň düzümine girýän, sementiň esasy bolýan, oksidleriň arasyndaky gatnaşygy bilen kesgitlenýär. Şihtanyň maýdalanan, ykjam garylan komponentleri klinkery emele getirmek üçin aýlanýan peçlerde ýakylýar. Çig malyň çyglylygy aýrylandan soň toýunyň düzümine girýän minerallaryň degidratasiýasy geçýär (takmyň 500°C -da), soňra kalsiý oksidiniň emele gelmegi bilen hek daşyň dissosiasiýasy, ýagny

$\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$ geçýär. Ol toýunyň komponentleri bilen reagirleşip kalsiý silikatlaryny we beýleki birleşmeleri ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ we $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) emele getirýär. Klinkeryň emele gelmegi $1400-1450^\circ\text{C}$ tamamlanýar, we šihtanyň tutuşmagy bilen gutarýar.

Toýyn we hek daşyň berlen gatnaşygyny nazara alyp šihta girýän komponentleriň mukdaryny we emele gelýän klinkeryň düzümini kesgitlemeli (100 kg šihta boýunça)

a) Şihtanyň düzümi, %.

Klinkeryň düzümi, kg.

$$\text{CaCO}_3 \quad 80 \cdot 0,95 = 76,0 \quad 76,0$$

$$\text{CaO} \quad \frac{76 \cdot 56}{100} = 43 \quad 43$$

$$\text{SiO}_2 \quad 20 \cdot 0,72 = 14,4 \quad 14,4$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 \quad 20 \cdot 0,16 = 3,2 \quad 3,2$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 \quad 20 \cdot 0,07 = 1,4 \quad 1,4$$

$$\text{K}_2\text{O} \quad 20 \cdot 0,017 = 0,34$$

$$\text{Na}_2\text{O} \quad 20 \cdot 0,033 = 0,66 \quad 0,66$$

$$\text{garyndy} \quad 80 \cdot 0,05 = 4,00 \quad 4,00$$

Σ 100%

Σ67,0 kg.

Klinkeryň düzümi, % mas.

$$CaO = \frac{43 \cdot 100}{67} = 64,2$$

SiO₂ 21,5

Al₂O₃ 4,71

Fe₂O₃ 2,08

K₂O 0,51

Na₂O 1,00

garyndy 6,00

Jemi: 100%

1 tn klinkery almak üçin çig – malyň harçlanyşy.

a) kalsiý karbonatynyň : $642 \cdot 100/56 = 1170\text{kg}$.

b) hek daşy $1170/0,05 = 1230\text{kg}$

ç) garyndy ş.s. $1230 - 1170 = 60\text{kg}$

e) toýun: 215kg SiO₂; 47,1 Al₂O₃, 20,8kg Fe₂O₃
5,1kg K₂O, 10kg Na₂O (Jemi 298kg)

1 tn klinker emele gelende: bölünip çykýan uglerodyň ikili oksidi

$$\frac{33 \cdot 1000}{67} = 528\text{kg}$$

1 tn sement klinkeryny çykarýan peçiniň maddy balansy. Tabl. 7

Giriş	kg	Çykyş	kg
hek daşy:		klinker:	1000
CaCO ₃	1170	CaO	642,0
garyndy	60	SiO ₂	215,0
Gurluşyk laý:		Al ₂ O ₃	47,1
SiO ₂	215,0	Fe ₂ O ₃	20,8
Al ₂ O ₃	47,1	K ₂ O	5,1
Fe ₂ O ₃	20,8	Na ₂ O	10,0
K ₂ O	5,1	garyndy	60,0
Na ₂ O	10,0	CO ₂	528,0
Jemi	1528,0	Jemi	1528,0

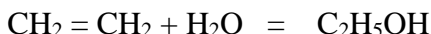
III.1.7 Mesele

Etilenýň göni gidratasiýasynda etil spirtiniň önümçiliginiň ýönekeýleşdirilen maddy balansyny düzmeli. Başlangyç bugly gaz garyndysynyň düzümi (göwrümi boýunça, %): etilen 60 suw bugy – 40. Etilenýň gidratasiýa derejesi – 5%. Hasaplamany 1t etil spirti boýunça geçirmeli. Ugurdaş reaksiýalaryny we basyşy hasaba almaly däl.

Çözüdi:

Etilenýň göni gidratasiýasynda etil spirtiniň alynmagy 560K we $80 \cdot 10^5$ Pa amala aşyrylýar.

Proses şeýle reaksiýa boýunça geçýär:



Giriş.

Reaksiýa boýunça harçlanýar etilen:

28 – 46

x - 1000

$$x = \frac{28 \cdot 1000}{46} = 608,7 \text{ kg}$$

Gidratasiýa derejesini hasaba almak bilen etilenýň hakyky harçlanyşy:

$$\frac{608,7}{0,05} = 12173,9 \text{ kg ýa-da } \frac{12173,9 \cdot 22,4}{28} = 9739,13 \text{ m}^3$$

Bugly gaz garyndysynda suw bugynyň göwrümini tapaly:

40 – 60

x - 9739,13

$$x = \frac{40 \cdot 9739,13}{60} = 6492,75 \text{ m}^3 \text{ ýa-da } \frac{6492,75 \cdot 18}{22,4} = 5217,39 \text{ kg}$$

Çykyş.

Gidratasiýa harçlanýan suw bugynyň mukdary:

$$9739,13 \cdot 0,05 = 486,96 \text{ m}^3$$

Suw bugynyň artykmaçlygy (proskok)

$$6492,75 - 486,96 = 6005,79 \text{ m}^3 \text{ ýa-da } \frac{6005,79 \cdot 18}{22,4} = 4826,08 \text{ kg}$$

Reagirleşmedik etilenyň massasy:

$$12173,9 - 608,7 = 11565,2 \text{ kg ýa-da } \frac{11565,2 \cdot 22,4}{28} = 9252,16 \text{ m}^3$$

Alynan maglumatlar boýunça tablisa düzýäris: Tabl. 8

Giriş			Çykyş		
Başl.madd.	m,kg	V, m ³	Önüm	m,kg	V, m ³
Etilen	12173,9	9739,13	Etil spirti	1000	486,96
Suw bugy	5217,39	6492,75	Reagirleşmedik etilen	11565,2	9252,16
			Artykmaç suw bugy	4826,08	6005,79
Jemi:	17391,29	16231,88	Jemi:	17391,28	15744,9 1
Ýalňyşlyk = 3 %					

III.2 Ýylylyk we energetiki kanunlar.

Termodinamikanyň birinji kanuny, oňa ýylylygyň we işiň ekwiwalentligi kanuny hem diýilýär, energiýanyň saklanma kanunynyň aýratyn ýagdaýlarynyň biri bolup, ähli ýylylyk we energetiki hasaplamalaryň esasy bolup hyzmat edýär. Bu kanunyň kesgitnamasy şeýledir: ýylylyk energiýa izsyz ýok bolup, ýok ýerden täzeden emele gelip bilmeýär, ol diňe çürt kesik ekwiwalent mukdarda bir görnüşinden beýlekä öwrülip bilýär. Eger sistema daşky gurşawdan ýylylygy özüne siňdirýän ýa-da berýän bolsa, onda soňky diňe berlen sistemanyň içki energiýasynyň üýtgemegine we onuň daşky işiniň ýetirmegine (prosesde şeýle ýagdaý ýüze çyksa) sarp edilýär. Şeýlelikde, haýsy bolsa-da bir sistemanyň (mysal üçin gazly gapda we ş.m.) içki energiýasy ýylylygyň bir näçe

mukdary (ΔQ) berilenden soň ΔU çenli üýtgeşe, onda termodinamikanyň birinji kanunyna laýyklykda, alýarys.

$$\Delta Q = \Delta U + A \quad (1)$$

ýa-da prosesiniň tükeniksiz az üýtgemeginde

$$dQ = dU + dA$$

bu ýerde

A – sistemanyň ýerine ýetirýän daşky işi.

Sistemanyň içki energiýasynyň üýtgemegi şeýle üýtgeşiklerden ybaratdyr:

molekulalaryň hereketleriniň güýjeýän aýlanýan we yrgyldaýan energiýalarynyň üýtgemeginden içki molekulýar sarsma we molekulada aýratyn atomlaryň we elektronlaryň aýlanmagyna we ş.m.

Ideal gaz sistemalaryň ýagdaýynda fiziki proseslerde içki energiýanyň üýtgemegi diňe molekulýar hereketiň kinetiki energiýasynyň üýtgemeginden, ýagny gazy temperaturasynyň üýtgemeginden ybaratdyr.

Tehnologiki prosesleriň hasaplamalarynda gazlaryň giňelmegi ýa-da gysylmagy bilen bagly bolan prosesler wajyp ähmiýetlidir. Eger şeýle proseslerde daşky hemişelik basyşyň täsirinde berlen sistemanyň V_1 – den V_2 çenli göwrümi üýtgeýän bolsa, onda onyň ýerine ýetirýän işi deňdir.

$$A = \int_{V_1}^{V_2} P dV \quad (2)$$

A –nyň şu manysynyň (1) deňlemä girizenimizde termodinamikanyň birinji kanunynyň aňlatmasyny şeýle görkezme bolar:

$$\Delta Q = \Delta U + \int_{V_1}^{V_2} P dV \quad (3)$$

Şonda (hemişelik göwrümde)

$$Q = U_2 - U_1 + P(V_1 - V_2)$$

ýa-da prosesň tükeniksiz az üýtgemeginde

$$dQ = dU + PdV$$

bu ýerde

Q – sistema berilýän ýylylyk mukdary;

U_1 we V_1 – sistemanyň ýylylyk berilmezden öňki içki energiýasy we göwrümi;

U_2 we V_2 – ýylylyk berilenden soňky şol ululyklar

Izotermiki prosesň işi

Izotermiki proses diýip hemişelik temperaturada ($T=\text{const}$) geçýän proseslere aýdylýar. Şeýlelikde, eger gaza Q (kj) ýylylyk berilse, onda – da onuň temperaturasy hem – de içki energiýasy hemişelik saklansa ($dU=0$), onda gazyň alýan ähli ýylylygy diňe daşky işiň (A) ýerine ýetirilmegi üçin harçlanar

$$dQ = PdV \quad (4)$$

ýa – da

$$Q = A = \int_{V_1}^{V_2} PdV$$

Bu deňlemä Mendeleýew – Klaýperonyň deňlemesinde

$$P = \frac{nRT}{V}$$

ýa – da

$$V = \frac{nRT}{P}$$

girizsek we emele gelen aňlatmany Q boýunça integrirlesek, alarys.

$$Q = A = nRT \ln \frac{V_2}{V_1} = nRT \ln \frac{P_1}{P_2}$$

ýa – da maddanyň mol sanyny (n) onuň massasy (m) we molekulýar massasy (M) arkaly aňlatsak, alarys.

$$Q = A = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V} = \frac{m}{M} RT \ln \frac{P_1}{P_2}$$

Getirilen deňlemelerden: P_1 we V_1 – gazy giňelmeginden (gysylmagyndan) öňki basyşy we göwrümi;

P_2 we V_2 – şol ululyklar, ýöne giňeldilmeden (gysylmadan) soňky; T – gazyň giňelmegi ýa-da gysymagy wagtyndaky absolýut temperaturasy (izotermiki prosesde $T = \text{const}$).

R – uniwersal gaz hemişeligi $\text{kJ/kmol} \cdot \text{grad}$.

n – gazyň mol sany.

III.2.1 Mesele

2 m^3 kislorodyň basyşyny hemişelik 100°C temperaturada 50-den 100 kn/m^2 çenli köpeltmeli. Emele gelen ýylylygyň mukdaryny we gysma işini hasaplamaly.

Çözüdi:

Mendeleyew – Klawperonyň deňlemesi boýunça 2 m^3 kislorodyň 2 m^3 – da onuň kilomol mukdaryny hasaplaýarys

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{50 \cdot 2}{8,314 \cdot 373} = 0,032 \text{ kmol}$$

Şondan 2 m^3 kislorodyň işini tapýarys.

$$A = \frac{m}{M} RT \ln \frac{P_1}{P_2} = 19,1 \frac{m}{M} T \lg \frac{P_1}{P_2} = 19,1 \cdot 0,032 \cdot 373 \lg \frac{50}{100} = -64 \text{ kdj}$$

“–”, alamaty işin sistema harçlanýandygyny görkezýär, ýylylyk bolsa emele gelýär. Emele gelen ýylylygyň mukdary 64 kdj.

III.2.2 Mesele

1000 m^3 azody 100-den 500 kn/m^2 çenli izotermiki gysýarlar. Azodyň temperaturasy 127°C .

Hasaplamaly:

gysmadan soň azodyň göwrümini;

gysma harçlanýan işi;

gysmada emele gelýän ýylylygyň mukdaryny.

Çözüdi:

Azodyň mukdary

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{100 \cdot 1000}{8,314 \cdot 400} = 30 \text{ kmol}$$

Şondan:

gysmadan soň azodyň göwrümi.

$$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2} = \frac{100 \cdot 1000}{500} = 200 \text{ m}^3$$

gysma işi

$$A = 19,1 \cdot 30,0 \cdot 400 \cdot \lg \frac{100}{500} = -168000 \text{ kdj} \quad (-168 \text{ Mj})$$

sistemada emele gelýän ýylylyk $168 \cdot 10^6 \text{ j}$.

III.3 Ýylylyk balans

Tehnologik prosesin ýa-da onuň bölüminiň ýylylyk (energetiki) balansy energiýanyň saklanma kanunynyň esasynda düzülýär. Bu kanuna laýyklykda ýapyk sistemanyň energiýalarynyň ähli görnüşleriniň jemi hemişelikdir, ýagny prosese girýän ýylylyk onuň şol prosesde, apparatda, tapgyrda çykýan ýylylygyna deňdir. Ýylylyk balansyň deňlemesi:

$$Q_{\text{gir}} = Q_{\text{çyk}}$$

Bu ýerde $Q_{\text{gir}} - Q_1, Q_2, Q_3$ ýylylyklaryň jemi

Q_1 – aparata maddalar bilen girýän ýylylyk;

Q_2 – berlen apparatda geçýän ekzotermiki reaksiýalaryň ýylylygy;

Q_3 – gyzdyрма üçin daşdan berilýän ýylylyk.

$Q_{\text{çyk}} - Q_4, Q_5, Q_6$ ýylylyklaryň jemi;

Q_4 – apparatdan çykýan önümler bilen äkidilýän ýylylyk;

Q_5 – apparatda geçýän endotermiki reaksiýanyň ýylylygy;

Q_6 – daş-töwerege ýitýän we sowadyjylyk arkaly aýrylýan ýylylyk.

Diýmek, ýylylyk (energetiki) balansyny şeýle deňleme arkaly hem görkezmek bolar:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 + Q_6$$

Tehnologiýada Q_1 we Q_4 , maddalaryň ýylylyk mukdary diýilýär we olar apparata iberilýän we ondan çykarylýan ýylylyklaryň mukdary bolup her bir maddalar üçin aýratynlykda hasaplanylýar:

$$Q_1 \text{ ýa-da } Q_4 = m c t$$

Bu ýerde m – maddanyň agramy (kg, mol) (maddy balansyň maglumatlaryndan alynýar); c – şol maddanyň orta ýylylyk sygymy (habar beriji kitaplardan alynýar); t – temperatura (K)

Ýylylyk sygymynyň hasaplanyşy

$$\text{Ýylylyk sygymyň ölçegi} - \Delta/\text{grad} = \frac{kg \cdot m^2}{cek^2 \cdot grad} \cdot \text{Ýöne}$$

Joul – ujypsyz kiçi ululyk bolýanlygy sebäpli tehniki hasaplamalarda köplenç kj , Mj we ş.m. ulanylýar.

Maddalaryň ýylylyk sygymynyň massa birligine degişlilikinde udel ýylylyk sygymy diýilýär ($j/kg \cdot grad$). Tehnohimiki hasaplamalarda maddanyň massasynyň mol birliginiň ölçegine degişli bolan mol ýylylyk sygymy ulanylýar. Ýylylyk hasaplamalarda ýylylyk sygymyň temperaturanyň berlen çäklerindäki ($t_1 - t_2$) ululygyna ortaça ýylylyk sygymy diýilýär (C).

Ýylylyk sygymlaryň tablisalaryny ulananda olaryň haýsy ölçeg birliklerinde hasaplanandygyny göz önünde tutmalydyr.

Gazlaryň ýylylyk sygymlary temperatura we basyşa bagly. Suwuklyklaryň we gaty maddalaryň ýylylyk sygymlary basyş bilen üýtgemeyär ýa-da örän az üýtgeýär.

Aýdylana görä, ähli jisimleriň ýylylyk sygymy temperatura baglydyr. Bu baglanyşyk eksperimental maglumatlara esasanyp şeýle görnüşli bolup biler:

$$C_i = a + bT + cT^2 \quad (5)$$

bu ýerde

a, b, c, - her madda üçin eksperimental ýol bilen tapylan empiriki koeffisiýentler.

T – maddanyň ýylylyk sygymyny kesgitleýän temperaturasy.

Maddanyň massa birligini gyzdymak üçin harçlanýan tükeniksiz az ýylylyk mukdarynyň (dQ) onuň tükeniksiz az temperaturasyna (dT) bolan gatnaşygyna hakyky ýylylyk sygymy diýilýär:

$$C_s = \frac{dQ}{dT} \quad (6)$$

Maddanyň hakyky ýylylyk sygymynyň temperatura baglanyşygyny bilip dürli temperatura çäklerinde ($T_1 - T_2$) ortaça ýylylyk sygymyny hem hasaplap bolýar. Onuň üçin (6)

$$C_s^- = \frac{Q}{T_2 - T_1}$$

deňlemäni integrirläp deňlemä salýarys we ortaça mol ýylylyk sygymy üçin deňlemäni alýarys:

$$C_s^- = \frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} (a + bT + cT^2) dT \quad (7)$$

Integrirlemeden soň

$$C_s^- = a + \frac{b}{2} \frac{(T_2^2 - T_1^2)}{(T_2 - T_1)} + \frac{c}{3} \frac{(T_2^3 - T_1^3)}{(T_2 - T_1)} \quad (8)$$

bu ýerden

$$C_s^- = a + \frac{b}{2} (T_2 + T_1) + \frac{c}{3} (T_2^2 + T_1 T_2 + T_1^2) \quad (9)$$

III.3.1 Mesele

27⁰ – den 127⁰C ($T_1 = 300$ K; $T_2 = 400$ K) temperatura araçağynde ammiagyň ortaça molýal ýylylyk sygymyny

kesgitlemeli. Onuň hakyky ýylylyk sygymynyň temperatura baglanyşygynyň deňlemesi:

$$C_p = 24,8 + 3,76 \cdot 10^{-2}T - 7,40 \cdot 10^{-6} \cdot T^2$$

Çözüdi:

(8) deňlemäni ulanyp, tapýarys:

$$C_p^- = 24,8 + \frac{3,76 \cdot 10^{-2}}{2}(300 + 400) - \frac{7,40 \cdot 10^{-6}}{3}(400^2 + 300 \cdot 400 + 300^2) = 37,0 \text{ j/mol.grad}$$

III.4 Himiki we fiziki öwrülişleriň ýylylyklary.

Islendik himiki proses, şeýle hem maddanyň fiziki öwrülişmesi (mysal üçin suwuklygyň bugardylmagy, buguň kondensasiýasy we ş.m.) hökman ýylylygyň emele gelmegi ýa-da siňdirmek bilen geçýär. Şonuň üçin tehnohimiki hasaplamalarynda berlen himiki ýa-da fiziki öwrülişmeleriň ýylylyk effektlerini bilmek zerurdyr. Adatça bu maglumatlary habarberiji kitaplardan alýarlar. Hasaplamalarda köplenç himiki we fiziki prosesleriň ýylylyklarynyň şeýle görnüşleri, ýagny reaksiýanyň ýylylyklary, bug emele gelme ýylylyklary, gaty maddalaryň ereme ýylylyklary, eredilme ýylylyklary bilen iş salyşmaly bolýar.

Reaksiýanyň ýylylygy we G. I. Gessiň kanuny

Berlen temperaturada şol ýa-da beýleki özara täsirleşmesi netijesinde näçe ýylylyk bölünip çykýar ýa-da prosese daşyndan berilýän ýylylygyň mukdaryna reaksiýanyň ýylylygy diýilýär. Şonuň üçin hasaplamalarda hökman berlen reaksiýanyň termohimiki, ýagny reaksiýanyň ýylylyk effekti girizilen, himiki deňlemesini bilmek zerurdyr.

Elementlerden maddanyň 1 molynyň emele gelme reaksiýanyň ýylylyk efektine şol maddanyň emele gelme ýylylygy diýilýär. Organiki maddalaryň 1 molynyň doly ýakylmagynda bölünip çykýan ýylylyga ýakma ýylylygy diýilýär.

Gessiň kanunyna laýyklykda islendik himiki prosesiň reaksiýasynyň ýylylygy diňe sistemanyň başlangyç we ahyrky

ýagdaýyna baglydyr, ýagny prosesiniň geçiş ýolyna bagly bolmaýar. Diýmek islendik himiki reaksiýanyň ýylylyk effekti önümleriniň emele gelme ýylylyklarynyň jeminden reaksiýa gatnaşýan maddalaryň emele gelme ýylylyk jeminiň tapawudyna deňdir.

Meselem, reaksiýa üçin



ΔH –ň kesgitlenişi

$$\Delta H = (c \Delta H_c + d \Delta H_D) - (a \Delta H_A + b \Delta H_B)$$

Bu ýerde

ΔH_A , ΔH_B , ΔH_C , ΔH_D , - degişlilikde A, B, C, D maddalaryň emele gelme ýylylyklary.

III.4.1 Mesele

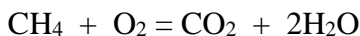
Kadaly şertlere getirilen metanyň 1 molynyň doly ýakylmagynda emele gelýän ýylylyk mukdaryny hasaplamaly. Metanyň ýakylmagynyň himiki deňlemesi.



Çözüdi:

Metanyň emele gelmeginiň standart ýylylygy 77870 kJ/mol, kömürturşy gazyňky – 395000 kJ/mol we suwuňky 242200 kJ/mol.

Şeýlelikde



$$77870 \quad 0 \quad 395000 \quad 2 \cdot 242200$$

Şondan

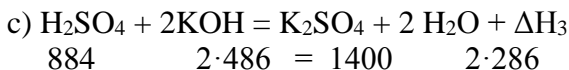
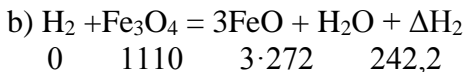
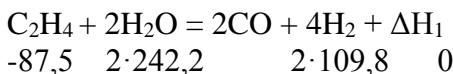
$$\Delta H = (2 \cdot 242200 + 395000) - 77870 = 801530 \text{ kJ/mol}$$

ýa-da

$$\frac{801530}{22,4} = 35800 \text{ kJ/m}^3 (35,8 \text{ MJ/m}^3)$$

III.4.2 Mesele

Kadaly şertlerde berilen reaksiýalaryň ýylylyk effektini (Mj/k mol) hasaplamaly:



Çözüdi:

$$\Delta\text{H}_1 = 219,6 - (484,4 - 87,5) = -177,0 \text{ Mj/kmol}$$

$$\Delta\text{H}_2 = (816 + 242,2) - 1110 = -52 \text{ Mj/kmol}$$

$$\Delta\text{H}_3 = (1400 + 572) - (884 + 972) = 116 \text{ Mj/kmol}$$

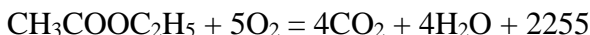
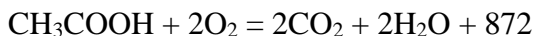
III.4.3 Mesele

Spiritiň sirke kislotasynyň we sirke efil efiriniň standart ýakma ýylylyklarynyň manylaryny ulanyp, reaksiýanyň ýylylygyny hasaplamaly:



Çözüdi:

Tablisalardan reaksiýa gatnaşýan ähli birleşmeleriň ýakma ýylylyklaryny tapýarys:



(a)1 deňlemeleriň çep we sag taraplaryny goşup, (c) deňlemeden aýyrýarys we menzeş agzalaryny gysgaldyp, tapýarys



Ahyrynda:

$$\Delta H = 1373 + 872 - 2255 = -10,0 \text{ Mj}$$

Şeýlelikde, reaksiýanyň ýylylyk effektini ýakma ýylylyklar arkaly hasaplasak, onda önümiň emele ýylylyklaryny (H_2O , CO_2 we ş.m.) nola deň diýmek bolýar.

Seredilen mysallar emele gelme ýa – da ýakma ýylylyklar islendik himiki reaksiýanyň ýylylygyny hasaplamak üçin esas bolýar.

Reaksiýanyň ýylylygynyň temperatura bilen baglanyşygy.

Öň seredilen reaksiýanyň standart ýylylygy himiki täsirleşmäniň netijesinde şol bir temperaturada (20°C) bölünip çykýan ýa – da siňdirýän ýylylyk diýip hasap etdik. Ýöne olaryň dürli görnüşleri dürli temperatura şertlerde (diňe 20°C -da dälde) geçirilýär. Şonuň üçin tehnologiýa hasaplamalarda reaksiýanyň ýylylyk effektini hakyky geçirilýän temperaturalarda tapmalydyr.

Reaksiýanyň ýylylyk effektiniň temperatura bilen baglanyşygy reaksiýa girýän başlangyç maddalaryň we önümleriň ýylylyk sygymalarynyň tapawudy bilen kesgitlenýän ýylylyk effektiň temperatura koeffisiýenti boýunça aňladylýar:

$$\frac{dH}{dT} = \sum \gamma C_p^I - \sum \gamma C_p^{II} \quad (10)$$

ýa – da

$$\Delta H_{T_2} = \Delta H_{T_1} + \int_{T_1}^{T_2} \left(\sum \gamma C_p^I - \sum \gamma C_p^{II} \right) dT \quad (11)$$

bu ýerde

ΔH_{T_2} - berlen T_2 temperaturada reaksiýanyň ýylylyk effekti;

ΔH^{T_1} - şol bir ululyk, ýöne T_1 temperaturada, bu ululygyň manysyny adatça standart şertlerde (20^0C) alýarlar.

$\sum \gamma C_p^I$ - reaksiýa girýän maddalaryň ýylylyk sygymlarynyň jemi;

$\sum \gamma C_p^{II}$ - reaksiýanyň önümleriniň ýylylyk sygymlarynyň jemi.

γ – reaksiýa gatnaşýan her maddanyň mol sany.

III.4.4 Mesele

(10) deňlemäni ulanyp, 500^0C temperaturada suwuň emele gelme reaksiýasynyň ýylylyk effektini kesgitläli.

Suwuň standart emele gelme ýylylygy $242,2 \text{ kJ/mol}$ deňdir. Berlen reaksiýa gatnaşýan maddalaryň hakyky molekulýar ýylylyk sygymynyň temperatura baglylygy:

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

$$C_p^{O_2} = 26,2 + 1,15 \cdot 10^{-2} T - 3,22 \cdot 10^{-6} T^2$$

$$C_p^{H_2O} = 28,8 + 1,375 \cdot 10^{-2} T - 1,435 \cdot 10^{-6} T^2$$

(10) deňlemedäki integralyň astyndaky aňlatmany

$(\sum \gamma C_p^I - \sum \gamma C_p^{II})$ hasaplaly

$$\begin{aligned} \sum \gamma C_p^I - \sum \gamma C_p^{II} &= C_p^{H_2} + C_p^{O_2} = (28,8 + 0,0276 \cdot 10^{-2} T + 1,17 \cdot 10^{-6} \cdot T^2) + \frac{1}{2} (26,2 + 1,15 \cdot 10^{-2} T^2) = \\ &= 41,9 + 0,6 \cdot 10^{-2} T - 0,44 \cdot 10^{-6} T^2 \end{aligned}$$

$$\sum \gamma C_p^{II} = C_p^{H_2O} = 28,8 + 1,375 \cdot 10^{-2} T - 1,435 \cdot 10^{-6} \cdot T^2$$

$$\sum \gamma C_p^I - \sum \gamma C_p^{II} = 13,1 - 0,00775 \cdot T + 0,995 \cdot 10^{-6} T^2$$

Tapylan aňlatmany (9) deňlemä girizip, alarys

$$\Delta H_{T_2} = \Delta H_{T_1} + \int_{T_1}^{T_2} (13,1 - 0,00775 \cdot T + 0,995 \cdot 10^{-6} T^2) dT$$

Bu deňlemäni 500⁰C (T₂ = 773 K) we 20⁰C (T₁ = 293 K) temperatura araçäginde indegrirläp we Δ H₁=242,2 kJ/mol goýup, alýarys

$$\Delta H_{773} = 242,2 + 13,1(773-293) - \frac{0,00775}{2} (773^2 - 293^2) + \frac{0,995}{3} \cdot 10^{-6} (773^3 - 293^3) = 246 \text{ kJ/mol.}$$

Şeýlelikde seredilýän reaksiýanyň 500⁰C-däki ýylylyk effekti kadaly şertlere görä ulalypdyr:

$$\frac{(246 - 242,2) \cdot 100}{242,2} \approx 1,6\%$$

III.4.5 Mesele



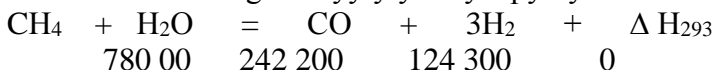
1000⁰C(1273 K)temperaturada reaksiýanyň ýylylyk effektini hasaplamaly.

Ulanmaly maglumatlar:

ýylylyk sygymlaryň tanyk temperatura baglanylygy

Çözgüdi

Tablisadan emele gelme ýylylyklary tapýarys:



Kadaly şertlerde (20⁰C) reaksiýanyň ýylylyk effekti deňdir

$$\Delta H_{298} = 124300 - (78000 + 242200) = -195500 \text{ kJ}$$

Ýylylyk sygymlaryň kömegi bilen Δ H₁₂₇₃ tapýarys

Tablisadan alynan hakyky ýylylyk sagymalarynyň deňlemeleri şeýle aňladylyar:

$$C_p^{CH_4} = 14,5 + 0,075T - 17,54 \cdot 10^{-6}T^2$$

$$C_p^{H_2O} = 28,8 + 0,01375T - 1,453 \cdot 10^{-6}T^2$$

$$C_p^{CO} = 26,2 + 0,00875T - 1,920 \cdot 10^{-6}T^2$$

$$C_p^{H_2} = 28,8 + 0,000276T - 1,170 \cdot 10^{-6}T^2$$

Temperatura koeffisiýentleri kesgitleýäris;

$$\Delta a = \sum \nu a = (14,15 + 28,8) - (26,2 + 3 \cdot 28,8) = -69,65$$

$$\Delta b = \sum \frac{\nu b}{2} = \frac{1}{2} [(0,075 + 0,01375) - 0,00875 + 3 \cdot 0,000276] =$$

$$= +0,0396$$

$$\Delta c = \sum \frac{\nu c}{3} = \frac{1}{3} [(-17,54 + 14,35) \cdot 10^{-6} - (-1,920 + 3 \cdot 1,170) \cdot 10^{-6}] =$$

$$-6,857 \cdot 10^{-6}$$

Δa , Δb , Δc bahalaryny aşakdaky deňlemä girizýäris:

$$\Delta H_t = \Delta H_{293} + \Delta a(T-293) + \Delta b(T^2-293^2) + \Delta c(T^3-293^3)$$

Şonda, emele gelýär:

$$\Delta H_t = 195500 - 69,65 \cdot (T-293) + 0,0396 (T^2 - 293^2) -$$

$$6,857 \cdot 10^{-6} (T^3 - 293^3)$$

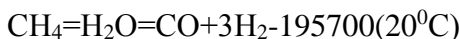
T = 1273 K bolanda:

$$\Delta H_{1273} = -195500 - 69,65(1273-293) + 0,0396(1273^2-293^2) -$$

$$6,857 \cdot 10^{-6}(1273^3-293^3) = -195500 - 69,65 \cdot 980 + 0,0396 \cdot 1530 \cdot 10^3 -$$

$$6,857 \cdot 2010 = 217200 \text{ kJ.}$$

Şeýlelikde, derňelýär reaksiýanyň termohimiki deňlemeşini şeýle görkezme bolar:



Ýylylyk effekt 10,5% peselýär, ýa-da her 100°C temperatura ýokarlananda, reaksiýanyň ýylylyk effekti 1,05% azalýar.

Özbaşdak işlemek üçin mysallar.

1. $3\text{H}_2+\text{N}_2$ düzümlü azot-wodorod garyndynyň 5000°C -de ortaça ýylylyk sygymyny hasaplamaly

35 SiO_2 , 20% Al_2O_3 we 45% FeO düzümlü şlakyň udel ýylylyk sygymyny hasaplamaly.

Jogaby: 0,76kJ/kg

2. Natriý selitrasynyň kükürt kislotasy arkaly dargadylmagynyň ýylylyk effektini hasaplamaly. Dargatma prosesi gaty bisulfatyň emele gelmegine çenli dowam edýär, YNO_3 bolsa görnüşinde bolýar.

Jogaby: -9650kJ/mol.

3. Aşakdaky reaksiýalaryň ýylylyk effektini hasaplamaly:

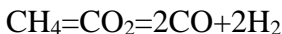


b) $\text{NaCl}+\text{NH}_3+\text{CO}_2+\text{H}_2\text{O}=\text{NH}_4\text{Cl}+\text{NaHCO}_3$ (reaksiýa erginde geçýär; NH_3 we CO_2 - gazlar)



Jogaby: a)-175kJ; b)445000j; ç)5280j

4. Metanyň kömürturşy gaz bilen konwersiýasynda (1000°C)emele gelýär wodorodyň her 100m^3 -na harçlanýan ýylylygy hasaplamaly.



Jogaby: 580000kJ

5. Suwuk CO_2 we NH_3 -dan emele gelýän moçewinanyň 1kg üçin hasaplamaly:

a)ammiagyň we kömürturşy gazyň nazary harçlanma koefisiýentini;

b) 1kg moçewinanyň emele gelmeginiň ýylylyk effektini

Jogaby; a) $0,567$ bölek NH_3 we $0,773$ bölek CO_2 (massa boýunça); b) 3310kJ .

6. Goz görnüşli ammiakdan we gowşak azot kislotasyndan gaty ammoniý nitratynyň NH_4NO_3 emele gelmeginiň ýylylyk effektini hasaplamaly

Jogaby: 1460kJ

7. 67% -li azot kislotasynyň zstzne görnüşli ammiak (ammoniý nitraty emele gelýär) göýberilýär. Reaksion aparatda soklanýan suwy bu gartmak üçin reaksiýanyň ýylylygy ýeterlik bowuny?

Jogaty: reaksiýanyň ýylylygynyň 65% -i ýeterlik.

IV bap

Termodinamikanyň ikinji kanuny.

IV.1. Himiki reaksiýalaryň ugry

Termodinamikanyň birinji kanuny ýylylyk energiýanyň we içiň ekwiwalentligini takyklaýar, şol prosesin hil häsiýetnamasyny berýär. Prosesin ugryny, netijede onuň hakyky mümkin bolýandyny anyklamak bolsa termodinamikanyň ikinji kanunynyň paýyna düşýär, ýagny ýylylyk öz-özünden, daşky täsirsiz, pes gyzgyn maddadan ýokary gyzgyn madda geçip bilmeýär. Bu kanuna laýyklykda, işlendik jisimiň ýylylyk energiýasynyň işi ýerine ýetirip bilmek onuň temperaturasynyň peselmegi bilen geçer.

Termodinamikanyň ikinji kanunyny şeýle matematiki aýlanma arkaly görkezmek bolar.

$$\frac{dA}{dT} = \frac{Q}{T} = \Delta S \quad (1)$$

ýa-da ýylylygyň tükeniksiz az artmagynda

$$\frac{dQ}{T} = dS \quad (\text{öwrülişikli prosesler üçin}) \quad (2)$$

$$\frac{dQ}{T} = \angle dS \quad (\text{öwrülişiksiz prosesler üçin}) \quad (3)$$

bu ýerde S-sistemasynyň entropiýasy; Q-sistema berilýän ýylylyk; A-sistema tarapdan ýerine ýetirilýän iş.

Termodinamikanyň kanunlaryna laýyklykda, öwrülişikli proseslerde (mysal üçin şoňuna çenli geçýän reaksiýalarda) sistema harçlanýan ýa-da sistemada emele gelýän in ýokary (max) A_{\max} iş geçirilýär. Diýmek, sistemanyň erkin energiýasy, ýagny işi ýerine ýetirmek ukyplylygy, alamaty boýunça tersine bolup öz san bahasy boýunça in ýokary in ululygyna deň bolar:

$$A_{\max} = -\Delta G.$$

Himiki meňzeşligiň (сродство) dogry nazaryýeti. Gibbsa we 45464757686 (1880) degişlidir. Want-Goff (1885) onuň matematiki görnüşini hödürleýär. Olaryň gaýyşlaryna laýyklykda himiki meňzeşligiň ölçegi reaksiýanyň ýylylyk effekti däl-de erkin energiýanyň üýtgemegidir.

Şeýlelikde, himiki prosesiň ýoly we termodinamiki mümkinçiligi termodinamiki potensiallaryň manysy bilen häsiýetlendirilýär.

Organiki däl maddalaryň önümçiliginde köplenç basyşyň we temperaturanyň hemişeliginde geçýän prosesler ulanylýar. Şonuň üçin prosesleriň özakymlylygynyň we deňagrawlylygyň görkezijisi hökmünde ΔG . (Gibsiň energiýasy) potensialyny ulanmak amatlydyr. ΔG ululygyň manyşy we alamaty prosesiň ugruny şubut etmäge mümkinçilik döredýär.

Şeýlelikde, sistemanyň erkin energiýasynyň ululygy özara täsirleşýän komponentleriň reaksiýa ukyplylyklarynyň ölçegi bolup, onuň alamaty bolsa berlen prosesiň ugruny görkezýär.

Mysal üçin $N_2 + 2H_2O = NH_4NO_2$ reaksiýa bir bada seredilende örän ýönekeý we amatly, ýagny getirilen deňlemä laýyklykda azoty suwa siňdirip wajyp senagat önümini, ammoniý nitritini alyp boljak ýaly.

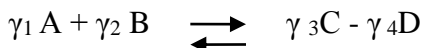
Ýöne bu prosesiň erkin energiýasynyň üýtgemegi, $\Delta G = +36000 \text{ J/mol}$. Netijide, adaty şertlerde azotyň gidralizinde azot turşy ammoniýnyň alynmagy mümkin däl.

Deňagramlylyk hemişeligi.

Massalaryň täsir kanunyna laýyklykda iňlendik reaksiýanyň tizligi täsirleşýän maddalaryň konsentrasiýalarynyň köpeltmek hasylyna proporsionaldyr.

Himiki reaksiýada proses diňe çepden çaga, önümleriň emele gelmegine tarap geçmegi bilen sagdan çere-önümleriň dargamagy tarapyna geçýär. Haçanda bu iki reaksiýanyň tizlikler deňleşende himiki deňagramlylyk ýagdaýy bolar.

Diýmek, deňagramlylyk pursatynda



reaksiýa üçin

$$\vec{V}_1 = \vec{V}_2$$

$$K_1[A]^{V_1} \cdot [B]^{V_2} = K_2[C]^{V_3} \cdot [D]^{V_4}$$

Bu deňlemeden alýarys:

$$\frac{[A]^{V_1} \cdot [B]^{V_2}}{[C]^{V_3} \cdot [D]^{V_4}} = \frac{K_2}{K_1} = K$$

bu K – himiki reaksiýanyň deňagramlylyk hemişeligi. Onuň manyşy berler reaksiýa üçin diňe temperatura baglydyr, gazlar üçin bolsa basyşa hem bagly bolýar.

(4) deňleme tehnologiýa hasaplamalarda örän ähmiýetli. Sebäbi ol reaksiýada emele gelýän önümiň iň ýokary çykymyny hasaplamaga mümkinçilik berýär.

Reaksiýa gatnaşýan maddalaryň konsentrasiýalarynyň haýsy birliklerde alynanlaryna görä, deňagramlylyk hemişeligiňiň aňlatmasynyň üç usuly bar:

K_c – A, B, C, D reagirlleşýän maddalaryň konsentrasiýasy mol/dm³ ýa – da kmol/m³ aňladylmagynda:

$$K_c = \frac{[A]^{V_1} \cdot [B]^{V_2}}{[C]^{V_3} \cdot [D]^{V_4}}$$

b) K_p – reagirleşýän maddalaryň konsentrasiýalary parsial basyşda (P_A, P_B we ş.m.) aňladylanda:

$$K_p = \frac{[P_A^{V_1}] \cdot [P_B^{V_2}]}{[P_C^{V_3}] \cdot [P_D^{V_4}]} \quad (kn/m^3)$$

c) K_n – reagirleşýän maddalaryň konsentrasiýalary molýar, gazlar üçin bolsa göwrüm göterimlerde aňladylanda:

$$K_n = \frac{[n_A^{V_1}] \cdot [n_B^{V_2}]}{[n_C^{V_3}] \cdot [n_D^{V_4}]} \quad (mol)$$

IV.1.1 Mesele

Deňagramlylyk ýagdaýda 110 n/m^2 – da gaz garyndysynda 22% H_2O , 18% CO , 32% CO_2 we 28% H_2 saklanýar. Reaksiýanyň (üýtgemeyän göwrümde geçýän) deňagramlylyk hemişeligini hasaplamaly.



we K_p -ň basyşyň ölçeg birliklerine bagly daldigini;

b) K_p, K_c, K_n manylarynyň deňligini görkezmeli

Çözüldi.

Parsial basyş arkaly aňladylan deňagramlylyk hemişeliginiň (K_p) kesgitleniş

$$K_p = \frac{P_{CO} \cdot P_{mo}}{P_{CO_2} \cdot P_H}$$

Garyndynyň komponentleriniň parsial basyşlary

$$P_{CO} = 0,18 \cdot 110 = 19,8$$

$$P_{H_2O} = 0,22 \cdot 110 = 24,2$$

$$P_{CO_2} = 0,32 \cdot 110 = 35,2$$

$$P_{H_2} = 0,28 \cdot 110 = 30,8$$

Jemi: 110

Bu berlenleri K_p – nyň deňlemesine goýup, alýarys

$$K_p = \frac{19,8 \cdot 24,2}{35,2 \cdot 30,8} = 0,442$$

K_c – nyň hasaplanmagy üçin komponentleriň konsentrasiýasyny (kmol/m^3) aňladaly:

$$[CO] = \frac{0,18}{22,4} = 8,04 \cdot 10^{-3}$$

$$[H_2O] = \frac{0,28}{22,4} = 9,82 \cdot 10^{-3}$$

$$[CO_2] = \frac{0,32}{22,4} = 14,28 \cdot 10^{-3}$$

$$[H_2] = \frac{0,28}{22,4} = 12,50 \cdot 10^{-3}$$

$$Jemi \ 44,64 \cdot 10^{-3}$$

Bu berlenleri K_c – nyň deňlemesine goýup, alarys:

$$K_c = \frac{8,04 \cdot 10^{-3} \cdot 9,82 \cdot 10^{-3}}{14,28 \cdot 10^{-3} \cdot 12,5 \cdot 10^{-3}} = 0,442$$

K_n – nyň bahasy şeýle kesgitlener:

$$K_n = \frac{18 \cdot 22}{32 \cdot 28} = 0,442$$

Şeýlelikde, $K_p = K_n = K_c$ aldyk.

IV.1.2 Mesele

20% CO we 80% N_2 düzümlü (göwrüm boýunça) gaz garyndysyny 1000°C temperaturada we $0,1 \text{ Mn/m}^2$ basyşda demiriň zakisiniň üstünden geçirýärler. Şonda ol demire çenli dikelýär:



1000 m³ gaz boýunça emele gelýän demiriň mukdaryny we eger FeO – dan Fe çenli dikeldilme reaksiýasynyň $K_C = 0,403$ bolsa, onda gaz garyndysynyň deňagramlylyk düzümini hasaplamaly.

Çözüdi

Hasaplamany berilýän gazyň 1 moly boýunça geçirýäris. CO – nyň CO₂ çenli okislenme derejesini x bilen belläp gaz garyndysynyň düzümi (kmol):

deňagramlylyga çenli	deňagramlylyk ýagdaýda
CO0,2	CO ₂0,2 x
N ₂0,8	CO 0,2 ($x - 1$)

Berlen reaksiýanyň deňagramlylyk hemişeligi:

$$K_C = \frac{[CO_2]}{[CO]}$$

CO₂ – niň we CO – nyň deňagramlylyk konsentrasiýalaryny we K_C – nyň manysyny bu deňlemä goýup, alýarys:

$$0,403 = \frac{0,2x}{0,2(1-x)}$$

Şeýlelikde, 1000⁰C-de CO – nyň demiriň zakisine, täsiri netijesinde emele gelýär (gaz garyndynyň 1 kmolyna):

CO₂ $0,287 \cdot 0,2 = 57,4 \text{ mol} = 0,0574 \text{ kmol}$

F $0,0574 \text{ kg} \cdot \text{atom} = 0,0574 \cdot 55,9 = 3,2 \text{ kg}$

Gazlaryň 1 kmol göwrümi 22,4 m³ deň

Diýmek, her 1000 m³ ýokarda görkezilen düzümlü garyndydan (kadaly şertlere getirilen) emele gelýän demir:

$$3,2 \cdot \frac{1000}{22,4} = 143 \text{ kg}$$

Reaksiyon zolagdan çykarylýan gazyň düzümi:

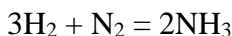
CO ₂	0,0574	kmol	ýa-da
	5,74%		
CO	(0,2 – 0,0574) = 0,1426 kmol		
	14,26%		
N ₂	0,8	kmol	ýa-da
	80,0%		
Jemi		1 kmol	100 %.

IV.1.3 Mesele

Azodyň we wodorodyň molýar konsentrasiýalaryň haýsy gatnaşyklarynda ammiagyň maksimal çykymy bolar?

Çözgüdi

Reaksiýanyň deňlemesi



Göwrüm birliginde gaz garyndysynyň aýratyn komponentleriniň molýar konsentrasiýasyny (molda) belläli:

H₂ x

N₂ y

NH₃ z

Jemi x + y + z = 1

Deňagramlylyk hemişeligi

$$K_C = \frac{[H_2]^3 \cdot [N_2]}{[NH_3]}$$

Ondan

$$[NH_3]^2 = \frac{x^3 \cdot y}{K_C} = z^2$$

Wodorodyň konsentrasiýasynyň azodyňka bolan gatnaşygyny “φ” bilen belläli:

$$\frac{x}{y} = \varphi; \quad x = \varphi y$$

Ondan başga – da,

$$Y = 1 - x - z = 1 - \varphi Y - z$$

Mundan

$$Y = \frac{1-z}{1+\varphi}; \quad x = \varphi Y = \frac{\varphi(1-z)}{1+\varphi}$$

Bu aňlatmalary deňagramlylyk hemişeligiň deňlemesine goýup, alýarys:

$$K_C z^2 = \frac{\varphi^3(1-z)^3}{(1+\varphi)^3} \cdot \frac{(1-z)}{1+\varphi} = \frac{\varphi^3(1-z)^4}{(1+\varphi)^4}$$

Şondan

$$\frac{K_C z^2}{(1-z)^4} = \frac{\varphi^3}{(1+\varphi)^4}$$

Bu aňlatmanyň $\frac{dz}{d\varphi}$ birinji önümini, ýagny gaz garyndysynda,

wodorodyň we azotyň gatnaşygyna bagly bolan, ammiagyň çykymyny tapýarys. Onuň üçin emele gelen deňlemäniň sag we çep tarapyny differensirleýäris:

$$K_C = \frac{d[z^2/(1-z)^4]}{d\varphi} = \frac{d[\varphi^3/(1+\varphi)^4]}{d\varphi},$$

$$K_C \left[2z(1-z)^4 \frac{dz}{d\varphi} + 4z^2(1-z)^3 \frac{dz}{d\varphi} \right] = \left[3\varphi^2(1+\varphi)^4 - 4\varphi^3(1+\varphi) \right]$$

Şondan

$$\frac{dz}{d\varphi} = \frac{3\varphi^2(1+\varphi)^4(+\varphi)^3}{K_C [2z(1-z)^4 + 4z^2(1-z)^3]}$$

Z funksiýanyň φ boýunça maksimumyny, ýagny $H_2:N_2$ gatnaşyga bagly bolan NH_3 –ň iň ýokary (maksimal) çykymyny, tapmak üçin $\frac{dz}{d\varphi}$ nola deňleýäris:

$$\frac{dz}{d\varphi} = \frac{3\varphi^2(1+\varphi)^4 - 4\varphi^3(1+\varphi)^3}{K_c[2z(1+z)^4 + 4z^2(1-z)^3]} = 0$$

Şundan

$$3\varphi^2[(1+\varphi)^4 - 4\varphi(1+\varphi)^3] = 0$$

ýa – da

$$(1+\varphi)^4 - \frac{4}{3}\varphi(1+\varphi)^3 = 0$$

Bu deňlemäni üýtgedip we ony φ boýunça işläp, alýarys:

$$(1+\varphi)^3 \left[(1+\varphi) - \frac{4}{3}\varphi \right] = 0, \quad \text{ya-da} \quad 1+\varphi - \frac{4}{3}\varphi = 0$$

Şondan

$$\varphi = \frac{[H_2]}{[N_2]} = 3$$

Diýmek, ammiagyň iň ýokary çykymy üçin başlangyç komponentleriň stehiometriki garyndysy zerurdyr.

IV.1.4 Mesele

Uglerodyň oksidiniň suw bugy bilen konwersiýasynyň, ýagny $CO+H_2O+\Delta H$ reaksiýa boýunça wodorodyň deňagramlylyk, mümkin boldugyça iň ýokary çykymyny hasaplamaly.

Ýarymsuwly suw bugy bilen konwertora iberilýär. Ol ýerde $460 - 500^\circ C$ temperaturada katalizatoryň gatnaşmagynda reaksiýa geçýär.

Başlangyç maglumatlar: $P = 1 \text{ atm}$; $t = 460^{\circ}\text{C}$, $KP = 4,5$
(berlen temperaturada),

$$\frac{\text{bugyň mukdary}}{\text{gazyň mukdary}} = 1,2$$

Konwersiýa iberilýän ýarym suwly gazyň düzümi:

$\text{CO}_2 = 2,44$; $\text{H}_2\text{S} = 0,134$; $\text{CO} = 15,8$; $\text{H}_2 = 16,1$; $\text{N}_2 = 10,15$. Mol sanynyň jemi $= 44,624 \text{ mol}$. $\text{H}_2\text{O} = 44,6 \cdot 1,2 = 53,5 \text{ mol}$.

Bugly gaz garyndysynyň jemi $98,124 \text{ mol}$.

Çözüdi

Konwertorda bugly gazyň deňagramlylygy takyklandy diýip kabul edeli.

Deňagramlylyga çenli reagirleşen CO – nyň mol sanyny “ x ” bilen belläli, şonda reaksiýa geçenden soň gaz garyndynyň düzümi:

$$\text{CO}_2 = 2,44 + x$$

$$\text{H}_2\text{S} = 0,134$$

$$\text{CO} = 15,80 - x$$

$$\text{H}_2 = 16,1 + x$$

$$\text{N}_2 = 10,15$$

$$\text{H}_2\text{O} = 53,5 - x$$

Jemi $98,124 \text{ mol}$

Deňagramlylykda garyndyny düzýän gazlaryň parsial basyşy:

$$P_{CO_2} = \frac{2,4 + x}{98,124}; \quad P_{H_2S} = \frac{0,134}{98,124}; \quad P_{CO} = \frac{15,8 - x}{98,124};$$

$$P_{H_2} = \frac{16,1 + x}{98,124}; \quad P_{N_2} = \frac{10,15}{98,124}; \quad P_{H_2O} = \frac{53,5 - x}{98,124}$$

Umumy basyşyň gaz agryndydaky komponentiň mol bölegine köpeldilmegine deň bolan onuň parsial basyşy:

$$P_a = P \frac{n_a}{\Sigma n}$$

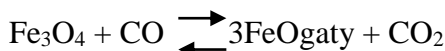
$$K_p = \frac{P_{CO_2} \cdot P_{H_2}}{P_{CO} \cdot P_{H_2O}} = \frac{(2,44 + x)(16,1 + x)}{(15,8 - x)(53,5 - x)} = 4,5$$

Şundan $x = 13,1$ mol.

Diýmek, gazyň deňagramlyk düzümi:

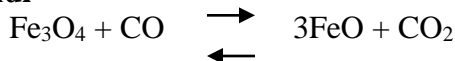
$$\begin{array}{ll} CO_2 = 2,44 + 13,1 = 15,54 \\ H_2S & = 0,134 \\ CO = 15,8 - 13,1 = 2,7 \\ H_2 = 16,1 + 13,1 = 29,2 \\ N_2 & = 10,15 \\ H_2O = 53,15 - 13,1 = 40,40 \\ \text{Jemi} & 98,124 \text{ mol} \end{array}$$

IV.1.5 Mesele



reaksiýanyň $600^{\circ}C$ temperaturada deňagramlyk hemişeligi 1,15 deň. Garyndyda 1 mol Fe_3O_4 , 2 mol CO, 0,5 mol FeO we 0,3 mol CO_2 saklanýar we ol $600^{\circ}C$ çenli gyzdrylýar. Prosesde umumy basyş $P = 5$ atm. Deňagramlyk ýagdaýda garyndynyň düzümine girýär her maddanyň mukdaryny hasaplamaly.

Çözüdi



Deňagramlylyk ýagdaýda $1 - x \quad 2 - x \quad 0,3 + x$

Deňagramlylykda gazyň umumy mol sany:

$$1 - x + 2 - x + 0,5 + 3x + 0,3 + x = 3,8 - 2x$$

Reaksiýa gatnaşýan maddalaryň parsial basyşy:

$$P_{\text{CO}} = \frac{2 - x}{3,8 - 2x} \cdot 5; \quad P_{\text{CO}_2} = \frac{0,3 + x}{3,8 - 2x} \cdot 5;$$

$$K_p = \frac{P_{\text{CO}_2}}{P_{\text{CO}}} = \frac{0,3 + x}{2 - x} = 1,15$$

$$Y = 0,93$$

Diýmek deňagramlylyk ýagdaýda:

$$\text{CO}_2 = 0,3 + 0,93 = 1,23 \text{ mol}$$

$$\text{CO} = 2 - 0,93 = 1,07 \text{ mol}$$

$$\text{Fe}_3\text{O}_4 = 1 - 0,93 = 0,07 \text{ mol}$$

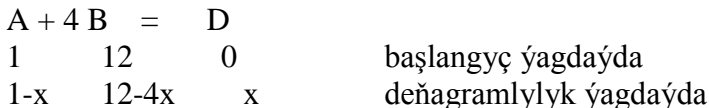
$$\text{FeO} = 0,5 + 3 \cdot 0,93 = 3,29 \text{ mol}$$

IV.1.6 Mesele

0,05 m³ göwrümlü ýapyk gapda 1 mol A we 12 mol B maddalar saklanýar. Reaksiýanyň netijesinde deňagramlylyk kesgitlenýär. Sistemada umumy basyş $4,51 \cdot 10^5$ Pa we temperatura 298 K. Reaksiýa gatnaşýan ähli reagentleriň deňagramlylyk konsentrasiýalaryny kesgitlemeli. Sistema ideal gazlaryň kanunyna laýyk gelýär diýip hasaplamaly.

Çözüldi

$A + 4 B \rightleftharpoons D$ reaksiýanyň deňlemesine laýyklykda reagentleriň mollarynyň başlangyç we deňagramlylyk ýagdaýyndaky mol sanlaryny kesgitläli:



Şunda umumy mol sanyny tapýarys:

$$\sum n_i = 1 - x + 12 - 4x + x = 13 - 4x$$

Mendeleyew Klaýperon deňlemesinden

$$\sum n_i = 13 - 4x = \frac{4,51 \cdot 10^5 \cdot 0,05 \cdot 10^3}{8,314 \cdot 10^3 \cdot 298} = 9,1 \text{ mol}$$

Diýmek, $13 - 4x = 9,1$

$$X = 0,975 \text{ mol}$$

Maddanyň deňagramlylyk konsentrasiýasy $C_i = \frac{n_i}{V}$

boýunça kesgitlenýär:

$$C_A = \frac{1 - x}{0,05} = \frac{1 - 0,975}{0,05} = 0,5 \text{ mol} / \text{m}^3;$$

$$C_B = 162 \text{ mol} / \text{m}^3; \quad C_D = 19,5 \text{ mol} / \text{m}^3.$$

V bap

Organiki däl maddalaryň tehnologiýasynda grafiki hasaplamalary.

Himiýa senagaty, täze prosesleriň önümçilige ornaşdyrylmagynyň we köneleriň kämilleşdirilmeginiň esasynda, üznüksiz ýaýbaňlanýar.

Ylmy – tehniki çözümleriň işlenmeginde fiziki – himiki analiziň usullary uly ähmiýete eýedir. Tehnologiýanyň nazary esaslaryny işlemekde tehniki hasaplamalar, prosesleriň analizi we kämilleşdirilmegi şol usullary ulanmazdan asla mümkin bolmaýar.

Hünärmenler ýagdaý diagrammalar boýunça grafiki hasaplamalaryň ýollaryny öwrenmelidirler. Himiki diagrammalar – bu, özboluşly “kartalar” olary “okap” we grafikanyň “dilini” iş ýüzünde ulanyp bilinmelidir. Şol diagrammalardan baş çykarmak, berlen prosesin üýtgeşikliginde ýol tapmaklyga we ony oňaýly ugra gönükdirmäge mümkinçilik berýär. Himiki diagrammalar taslamada hasaplamalaryň esasy bolup täze tehnologiýalaryň ornaşdyrylmagyna, önümçiligiň işjeňligine we önümiň hiliniň gowylanmagyna täze ugur görkezýärler. Sistemanyň dürli häsiýetlerini derňemekde fiziki – himiki analiziň ähmiýeti ulydyr. Fiziki – himiki analiz önümçiligiň tehnologik shemalarynyň nazary esaslary bolup hyzmat edýär. Diýeli, maddalaryň bilelikdäki ereýjiligi önümçiligiň diňe geçiş düzgünini däl – de, eýsem aýratyn önümçilik tapgyrlaryň

izygiderliligini, ýagny önümçiligiň tehnologik shemasyny kesgitleýär. Şonuň üçin bir topar tehnologik prosesleriň we shemalaryň esasyňy derňemek we işläp düzmek olara degişli sistemalary öwrenmekden we sistemalaryň himiki diagrammalaryny gurmakdan başlamaly bolýar.

Mysal üçin karbamidyň emele gelme prosesi $\text{NH}_3 - \text{CO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ sistemany öwrenmeklige esaslanýar, $\text{CaO} - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{H}_2\text{O}$, $\text{CaO} - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{N}_2\text{O}_5 - \text{H}_2\text{O}$ fosfat sistemalar bolsa fosfatlaryň gaýtadan işlenmeginde konsentrirenen we çylşyrymly dökünleriň almagynyň esasy boldy.

V.1 Ereýjilik diagrammalar boýunça hasaplamalaryň umumy usulyýeti.

Berkidiji göni çyzyk we leňner kadalary.

Bugartma, kristallaşma we eretme prosesleriň grafiki mukdar hasaplamalaryny diagrammalaryň iki wajyp häsiýetleriniň, ýagny birikdiriji göni we leňner kadalaryň esasynda geçirip bolýar. Birinji häsiýet birikdiriji göniniň kadasy bilen aňladylýar: sistemanyň figuratiw nokady we ony emele getirýän düzümleriň (kompleksleriň) iki figuratiw nokatlary bir göniniň üstünde ýatýar. Mysal üçin, sistemanyň p nokady (1-nji sur.) we ony emele getirýän L1 doýgunlaşan erginiň we S1 gaty duzuň nokatlary L1S1 göniniň üstünde ýatýar. Mysal üçin, sistemanyň p nokady (1-nji sur.) we ony emele getirýän L1 doýgunlaşan erginiň we S1 gaty duzuň nokatlary L1S1 göniniň üstünde ýatýar. Şol bir p sistemany S1 duzdan we E suwdan düzülen diýip seretmek bolýar; p, S we E nokatlar ES1 gönide ýatýarlar.

Diagrammanyň ikinji häsiýeti leňner kadasy (kesimler kadasy ýa-da agryrlyk merkezi kadasy hem diýilýär) bilen kesgitlenýär: sistemany emele getirýän iki düzümleriň mukdarlary bu düzümleriň figuratiw nokatlarynyň sistemanyň figuratiw nokadynyň arasyndaky kesimleriň uzynlygyna ters proporsionaldyr. Mysal üçin, m1 sistemanyň izotermiki bugartmasy netijesinde suwuň bir bölegi aýyrylsa we sistemanyň galan böleginiň figuratiw nokady p nokada

barsa, sistemanyň galan p böleginiň mukdarynyň E bugardylan suwuň mukdaryna bolan gatnaşygy $E m_1 / m_1 p$ deň bolar; galan p sistemada S1 gaty fazanyň mukdarynyň L1 erginiň mukdaryna bolan gatnaşygy $L_1 p / p S_1$ deňdir.

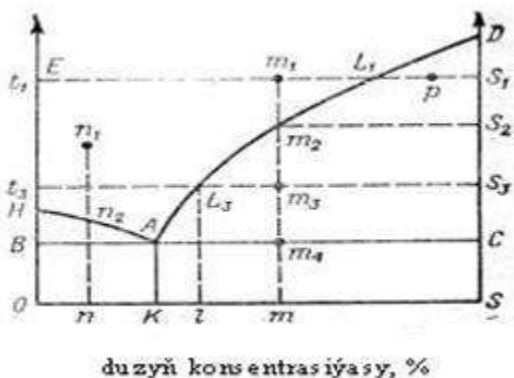
Leňner kadasy sistemanyň maddy balansyndan ýeňillik bilen hasaplahyp çykarylýar. Meselem, m3 sistema üçin: Qg – gaty fazanyň massasy; Qs – doýgunlaşan erginiň massasy; m – sistemada duzuň mukdary, % (m3 nokadyň abssissasy); l – doýgunlaşan erginde duzuň mukdary, % (L3 nokadyň abssissasy) diýip bellende, onda maddy balansyň deňlemesini düzüp bileris:

$$m(Q_s + Q_g)/100 = lQ_s/100 + Q_g$$

bu deňlemäniň iki tarapy hem sistemada saklanýan duzuň umumy mukdaryny aňladýar. Ondan gelip çykyşyna görä:

$$Q_s/Q_g = (100 - m)/(m - l)$$

Ýöne $(100 - m)$ m3S3 kesimiň uzynlygy, $(m - l)$ bolsa - m3L3 kesimiň uzynlygy bolany üçin, sistemadaky suwuk we gaty fazalaryň mukdarlarynyň gatnaşygy m_3S_3/m_3L_3 kesimleriň gatnaşygyna deňdir, ýagny bu fazalaryň mukdarlary olaryň figuratiw nokatlaryna sepleşýän kesimleriň uzynlygyna ters proporsionaldyr.



sur. 1 Suwyň bugarmagynyň izotermiki ýoly we sistemanyň sowadylmagy.

V.1.1 Mesele (sur.2)

20 °C temperaturada 12 % - li KCl erginiň 5,2 t. berilýär. N ergini kriogidrat temperatura çenli sowadanda näçe buz emele geler?

Çözüdi

Diagrammadan sistemanyň K kriogidrat nokadyndaky düzümini tapaly: 18,5 KCl we 81,5 % H₂O. Ergin kriogidrat temperaturasynda çenli sowadylanda, 12 % - li KCl erginiň nokadynyň üstünden geçýän NN₁ dik çyzygyň buzyň bölünip çykýan egrisini kesip geçýändigini üçin, buz çökündide bolar, KCl – ñ bolsa erginde galar. Meseläniň çözüdini leňňer kadasyny ulanyp işleýäris.

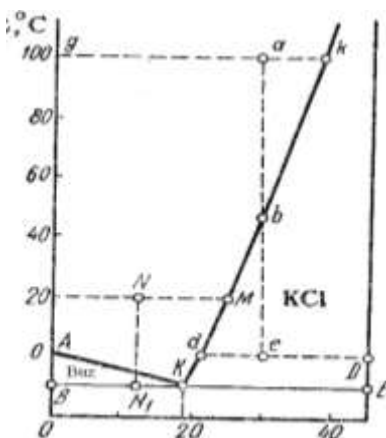
N ergin kriogidrat temperatura çenli sowadylanda sistemanyň nokady N₁ ýagdaýa, gaty faza – B nokada, suwuk faza bolsa K nokatda bolar. Leňňer kadasyna laýyklykda gaty we suwuk fazalaryň gatnaşygynyň aňladylyşy:

$$\frac{\text{gaty fazanyň mukdary}}{\text{suwuk fazanyň mukdary}} = \frac{KN_1}{N_1B} = \frac{18,5-12}{12-0} = \frac{6,5}{12}$$

Bölünip çykýan gaty fazanyň mukdaryny Y, we galan erginiň mukdaryny (5,2 - Y) bilen bellesek, alýarys:

$$\frac{Y}{5,2} = \frac{6,5}{12}; \quad Y = 1,826 \text{ tn} \quad \text{buz.}$$

Başlangyç garyndynyň 100 agram böleginden emele gelýän gaty we suwuk fazalaryň mukdarlaryny, N₁K (6,5 birlik) kesimiň uzynlygy suwuk fazanyň mukdaryna proporsional;



KCl, agram %

Sur. 2 KCl – H₂O sistemanyň ereýjilik diagrammasy

BN₁ kesimiň uzynlygy (12 birlik) gaty fazanyň mukdaryna proporsional; we BK kesimiň uzynlygy (18,5 birlik) 100 deň diýip, ölçeme ýoly bilen kesgitlep bolýar. Şonda 100 kg başlangyç erginden emele gelyän suwuk fazanyň mukdary:

$$s = \frac{N_1K}{BK} \cdot 100 = \frac{6,5}{18,5} \cdot 100 = 35\%$$

100 kg başlangyç erginden kristallaşýan gaty fazanyň mukdary:

$$G = \frac{(18,5 - 6,5)}{18,5} \cdot 100 = 65\%$$

V.1.2 Mesele

5,2 t KCl ergini (a nokat, sur.2) 100 °C temperaturada bugardylýar; şonda erginiň düzümi k nokada çenli temperatura gorizontaly boýunça üýtgeýär. a k aralykda bugaran suwuň mukdaryny kesgitlemeli.

Çözgüdi

Diagrammadan erginiň ahyrky k düzümini kesgitleýäris – 37 % KCl we 63 % H₂O.

Başlangyç a sistemany iki bölüme (komplekse) bölünýär diýip göz önüne getireli, ýagny bugaran suw (g suwuň wertikalynda ýerleşýän g nokat) we b nokat bilen şekillendirilen doýgun ergin.

Şonda, leňner kadasyna laýyklykda

$$\frac{\text{bugaran suwuň mukdary}}{\text{galan erginiň mukdary}} = \frac{ka}{ag} = \frac{37-30}{30-a} = \frac{7}{30}$$

Bugaran suwuň agramyny Y we galan sistemanyň agramyň (5,2 – Y) bellesek, alýarys:

$$\frac{Y}{5,2 - y} = \frac{7}{3}; \quad Y = 0,986$$

ýagny ak aralyk 0,986 t suw bugarýar.

Başlangyç erginiň 100 kg bugaran suwuň mukdaryny kesgitleýäris. Onuň üçin ak kesimiň uzynlygyny ölçeýäris, ol bugaran suwuň mukdaryna (7 birlik) proporsional we 100 deň diýip kabul edilen gk kesimiň uzynlygyny 37 birlik ölçeýäris. Şonda 100 kg başlangyç erginden bugaran suwuň mukdary:

$$\frac{ak}{gk} \cdot 100 = \frac{7}{37} \cdot 100 = 18,9\%$$

Gidratyň ereýjilik diagrammasy boýunça hasaplamanyň mysaly.

V.1.3.Mesele

28 °C temperaturada 45 % CaCl₂ erginiň 550 gramyna (248gr duz + 302gr suw) CaCl₂ · H₂O gaty duzyň (25,3 gr duz + 24,7 g) 50 gr artykmaç goşulyp alynýar. Şol temperaturada 25 % - li CaCl₂ erginini almak üçin sistema näçe suw berilmeli?

Çözgüdi

Sistemada jemi saklanýan CaCl_2 :

$$25,3 + 248 = 273,3 \text{ gr. ýa-da } 45,5 \%$$

H_2O :

$$24,7 + 302 = 326,7 \text{ gr ýa-da } 54,5 \%.$$

Diagramma (sur.3) 28°C – de emele gelmeli garyndynyň düzüminiň (25 % CaCl ergini) O nokadyny we sistemanyň esasy düzüm bölekleriniň (45,5 % CaCl_2 we suw) K we M nokatlaryny ýerleşdireli.

Leňňer kadasyny ulanyp:

$$\frac{\text{başaşlang sistemanyň mukdary}}{\text{suwuň mukdary}} = \frac{MO}{OK}$$

$$\text{ýa-da } \frac{600}{Y} = \frac{25}{45,5 - 25} = \frac{25}{20,5};$$

$$Y = \frac{20,5 \cdot 600}{25} = 492 \text{ gr}$$

45 % - li CaCl_2 erginden 25 % - li CaCl_2 erginini (gaty fazada 50 gr $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ bolmagynda) emele getirmek üçin 492 gr suw goşmaly.

Şonda sistemada suwuň mukdary:

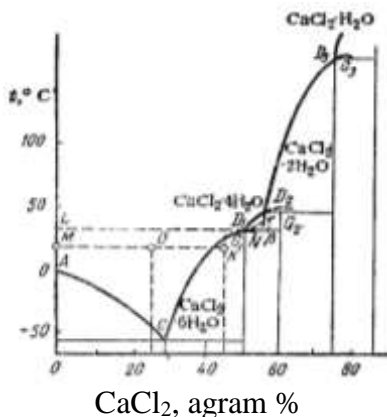
$$492 + 326,7 = 818,7 \text{ gr}$$

$$\text{CaCl}_2: 273,3.$$

$$\text{Jemi: } 818,7 + 273,3 = 1092 \text{ gr.}$$

Bu ýerden:

$$\frac{273,3 \cdot 100}{1092} = 25\% \text{ CaCl}_2$$



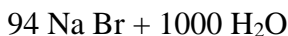
Sur.3 $\text{CaCl}_2 - \text{H}_2\text{O}$ sistemanyň ereýjilik diagrammasy

Hasaplamanýň analitiki usuly

Analitiki usul faza diagrammanyň ulanmagyna esaslanýar. Bu usul boýunça sistemanyň çökdürilýän ýa-da eredilýän komponentlerini kesgitläp bolýar. Ereýjilik diagrammalary boýunça mukdar hasaplamalary üçin prosesini deňlemesini düzmek usulyny ulanyp bolýar. Bu usul ulanylanda erginiň konsentrasiýasy eredijiniň 1000 molynda deňişli bolan duzyň molynda (MB) aňladyp bolar. Mysal üçin, düzüminde saklanýan 1000 mol suwda A mol KCl we B mol KNO_3 X erginiň 1 MB deňdir:



Diýeli, 35 % NaBr we 65 % H_2O düzümlü ergin K_2 (sur 4) MB – ne hasaplanandan soň deňdir:



Bu ýerde 94 şeýle hasaplanýar:

$$35 - 65 \quad x = \frac{35 \cdot 1000}{65} = 538,46$$

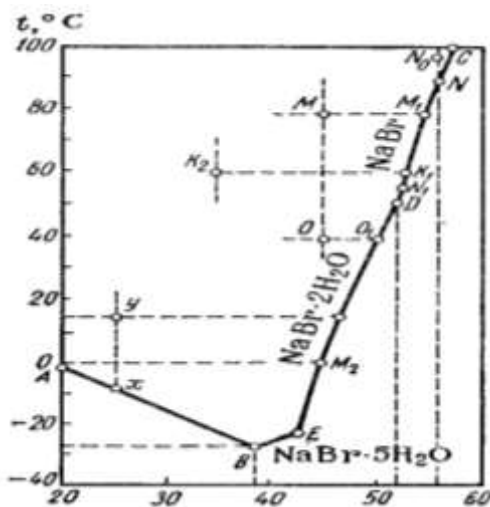
X 1000

$$\frac{538,46}{102,92} = 5,23 \text{ mol} / 1000 \text{ mol suwa}$$

Erginiň 1000 mol suw boýunça mol konsentrasiýasy:

$$NaBr - \frac{5,23 \cdot 1000}{55,5} = 94,0 \quad \text{bu yerde } 55,5 = \frac{1000}{18}$$

Mol birlik (MB) ölçeg mukdarlarda (gr, kg) hem aňladylyp bilner.



NaBr, agram 1

Sur.4 NaBr – H₂O sistemanyň ereýjilik diagrammasy

Mysal üçin, K₂ erginiň 1 MB agramy deňdir:

$$94 \cdot 102,92 + 1000 \cdot 18 = 27670 \text{ gr.}$$

Erginiň düzüminiň üýtgemesiniň mukdar taýdan bahalanmagy üçin ilki bilen düzümiň başlangyç ýagdaýdan onuň ahyrky ýagdaýyna çenli faza diagrammasyndan üýtgeме ýolyny synlamaly: şonda haýsy komponentler çökyändig haýsy bolsa ereýändig görüner. Soňra, başlangyç, aralyk we ahyrky erginleriň gaty fazalary belli ululyk faza deň bolan bir hatarda deňleme düzmeli. Belli ululyklary diagrammadan ýada ereýjilik tablisalardan kesgitleýärler. Deňlemeleri işläp, sistemada bolup geçýän mukdar üýtgemeleri kesgitleýäris.

V.1.4 Mesele

K₂ düzümlü ergin berilýär. (sur.4) Diagrammadan erginiň doýgunlaşmadyk ýagdaýy görünýär. Suwuň bugarmagy

izotermiki ýagdaýda geçýär. 60°C temperaturada erginiň doýgunlaşmagy üçin näçe suw aýrylmaly!

Çözüldi.

Izotermiki bugardylmada erginiň düzümi K₂ ýagdaýdan 60°C temperaturada keseliginden ereýjilik egri bilen K₁ nokatda kesişmesine çenli süýşýär. K₁ düzümlü ergin 60°C – de Na Br bilen doýgunlaşýar.

Diagrammadan erginiň başlangyç we ahyrky düzümini tapýarys:

Başlangyç ergin K ₂	35 5 NaBr, 65 % H ₂ O
Ahyrky ergin K ₁	53 % NaBr, 47 % H ₂ O

Erginleriň düzümlerini MB usul boýunça görkezilişi ýaly aňlatýarys:

K ₂	94 NaBr + 1000 H ₂ O
K ₁	196 NaBr + 1000 H ₂ O

Başlangyç ergin 1 MB alynýar şerti bilen suwuň izotermiki bugardylma prosesiniň deňlemesini düzýäris:

K₂ erginiň 1 MB = x H₂O + K₁ erginiň Y MB

(doýgunlaşmadyk) (doýgunlaşan)

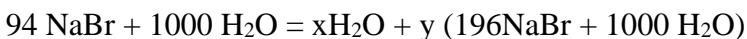
Deňlemäniň çep tarapynda başlangyç erginleriň düzümi, sag tarapynda bugarma ýa-da sowadylma prosesiniň netijesinde emele gelýän sistemanyň düzümi bölekleriniň jemi ýazylýar.

X, Y, Z harplar bilen sistemanyň entäk belli bolmadyk düzümi böleklerini ondan bölünip aýrylan suwuň ýa-da gaty faza geçýänleriň hem-de ahyrky erginde galýan bölekleriň agram mukdarlary bellenilýär.

Deňlemede belläli: x – bugaran suwuň mol sany;

Y – ahyrky K₁ erginiň MB sany.

Degişli sanlary goýup, alýarys:



Emele gelen deňleme suwuň izotermiki bugardylma prosesiniň maddy balansynyň deňlemesidir. x, y, näbelli

ululyklar aýratyn komponentler boýunça düzülen deňlemelerden kesgitlenýär. Diýeli, NaBr boýunça düzülen deňlemäniň iki tarapynda bu komponente degişli san koeffisiýentleri goýýarys (çepde 94, sagda 496); şonda alýarys:

$$94 = 196 y$$

Edil şeýle H_2O boýunça deňleme düzýäris:

$$1000 = x + 1000 y$$

Bu iki deňlemeden düzülen sistemany işläp, tapýarys:

$$x = 520; y = 0,48$$

Şeýlelikde, bugarmada 520 mol suw bugaranda K_2 erginiň 1 MB – den 0,48 MB doýgun K_1 ergini emele geler. Ýa – da 33,8 kg suw bugaranda K_2 erginiň 100 kg-dan 66,2 kg K_2 ergini emele geler.

Mukdary hemişelik saklanýan (üýtgemeýän) komponent boýunça hasaplama usuly.

Erginleri sowadanda ýa-da bugardanda olaryň düzümine girýän duzlar kristallaşyp gaty faza geçýärler. Şol kristallaşma prosesiniň mukdar hasaplamalary üçin üýtgemeýän we çökündä geçýän komponentleriň gatnaşygyndan düzülýän proporsiýanyň esasynda geçirilýän hasaplama usuly ulanylýar.

Proporsiýanyň çep tarapynda üýtgemeýän komponentiň konsentrasiýasynyň üýtgeýän komponentiň konsentrasiýasyna bolan gatnaşygy ýazylýar. Degişli sanlar suwuk fazanyň ahyrky düzüminiň nokatlarynyň koordinatalary boýunça kesgitlenýär (diagrammanyň indeksleri). Proporsiýanyň sag tarapynda başlangyç erginde saklanýan üýtgemeýän komponentiň mukdarynyň üýtgeýän komponentiň ahyrky erginiň suwuk fazasynda galan X mukdaryna bolan gatnaşygy ýazylýar. Şeýdip düzülen proporsiýadan X -ň manysy, ýagny ahyrky erginiň suwuk fazasynda galan üýtgeýän komponentiň mukdary kesgitlenýär. Komponentiň başlangyç mukdaryndan X – ñ manysyny aýyryp, onuň erginden bölünip çykan mukdaryny tapýarys.

V.1.5 Mesele (sur.4)

100 °C temperaturada düzüminde 56 % NaBr saklanýan erginiň 1 tonnasy berilýär. Ergin 100 °C – den 55 °C çenli sowadylýar. Çökýän duzlaryň mukdaryny we düzümini kesgitlemeli.

Çözüdi.

Diagrammadan 100 °C – de 56 % - li NaBr erginiň nokadyny tapýarys; şol nokatdan ereýjilik şahalaryň birisi bilen keşişmesine çenli dik çyzyk goýberýäris we N nokady tapýarys. N nokadyň ordinatasy duzyň çökmeginiň başlanýan temperaturasyny (87 °C) kesgitleýär. N nokat ereýjiligiň DC şahasyna düşýänligi sebäpli, ergin 55 °C çenli sowadylanda NaBr çökündä geçär. N, nokat 55 °C – de ahyrky erginiň düzüminiň şekillendirir. N erginiň düzümi: 560 kg NaBr we 440 kg H₂O. Ergin sowadylanda NaBr çökündä geçýär. Diýmek, suwy üýtgemeyän komponent hökmünde kabul edip bolýar.

Ahyrky N erginiň diagramma boýunça düzümi:

52 % NaBr we 48 % H₂O

Değişli proporsióany düzýäris

52 NaBr – 48 H₂O

X – 440

Bu ýerde x – ahyrky N₁ erginiň suwuk fazasynda galýan duzyň mukdary

(440 kg suwa)

Bu proporsióany üýtgemeyän komponentyň (H₂O) çökündä geçýän komponente (NaBr) görä gatnaşygy görnüşinde ýazaly

$$\frac{48}{52}(N_1 \text{ nokadyn koordinatalary}) = \frac{440}{x}(\text{berlen duzum boyunca})$$

Deňlemeden alýarys:

$$x = \frac{440 \cdot 52}{48} = 476 \text{ kg}$$

N erginde jemi 560 kg NaBr bar. Diýmek, çökündä geçdi: $560 - 476 = 84$ kg.

Prosesiň maddy balansynyň deňlemesini düzmek ýoly bilen geçirilýän hasaplamalar.

Eger sistemada üýtgemeyän komponent ýok bolsa, onda proporsiýany düzmek usulyny ulanyp bolmaýar. Şeýle ýagdaýlarda procesiň maddy balansynyň deňlemelerini düzmegiň umumy usuly ulanylýar. Şonda deňlemäniň çep tarapynda başlangyç sistemadaky komponentleriň agramy, sag tarapynda bolsa sistemanyň ahyrky ýagdaýyndaky komponentleriň agramy ýazylýar.

Ereýjilik diagrammasy her sistemanyň düzümi agram % (konsentrasiýany başgaça – da aňladyp bolýar) kesgitlenýär.

Her düzümiň konsentrasiýalaryny gaty faza geçýän, bugarýan ýa-da ahyrky erginde galýan komponentleriň agram mukdaryny görkezýän degişli x , y , z köpeldijilere köpeldip maddy balansyň ähli düzüjilerini kesgitleýäris.

Gidratyň barlygynda suwsyz duz bilen gidratyň formulasyna girýän kristallizasion suwuň gatnaşygy alyp goşmaça deňleme düzülýär.

Hasaplamany, ön beýan edilen, leňner kadasy boýunça hem geçirmek bolýar.

Erginleriň sowadylmagy bilen geçýän kristallaşma procesiň hasaplanmasy üçin komponentiň kristallaşmasynyň maddy balansynyň deňlemesi hem düzülýär. Hasaplamany düzüminde x agram bölek gaty faza emele gelýän başlangyç erginiň 100 gram bölegi boýunça geçirýärler. Şonda suwuk fazanyň (galan erginiň) mukdary $(100 - x)$ agram bölege deň bolar. Başlangyç, galan erginde we gaty fazada gözlenýän birleşmäniň agramynyň saklanyşyny a , b , c (%) bilen belläli.

Başlangyç erginiň düzümi kristallaşmadan soňky gaty we suwuk fazalaryň garyndysynyň düzümine meňzeşdir. Şeýlelikde, kristallaşma procesiň maddy balansynyň deňlemesini aşakdaky ýaly görkezmek bolýar.

$$a = \frac{cx}{100} + \frac{b(100-x)}{100};$$

$$x = \frac{100(a-b)}{c-b}$$

Başlangyç erginiň A agram böleginden gözlenýän komponentiň umumy çykyşy:

$$\frac{x}{100} A$$

Başlangyç erginiň 100 agram bölegine kristallaşmadan soň galan erginiň mukdary:

$$(100 - x) \cdot A/100 \text{ agr. böl.}$$

V.1.6 Mesele (sur.4)

1000 kg N ergini 87 °C – den 0°C çenli sowatýarlar. Eger başlangyç erginiň düzümi 56 % NaBr we 44 % H₂O bolanda, haýsy duzlar we näçe mukdarda çökündä geçerler?

Çözüdi.

Erginiň nokady ilki bilen ND kristallaşma ýoly bilen, soňra DE boýunça hereket edýär.

Ergin 0°C çenli sowadylanda onyň ahyrky düzümi 0°C – den DE egri bilen kesişmesi (M₂ nokat) bilen kesgitlener. ND aralyk, ýagny ergin 50,6°C çenli sowadylanda çökündä geçýän NaBr mukdaryny hasaplaly (suwy üýtgemeyän komponent hökmünde kabul egip bolýar) D erginiň düzümi: 51 % NaBr we 49 % H₂O suw boýunça proporsiýa düzýäris:

$$\frac{49}{51} (D \text{ nokadyň koordinatalary boýunça}) = \frac{440}{x} (\text{berlen düzüim boýunça})$$

Bu ýerde x – D erginde galan NaBr mukdary. Ol

$$440 \cdot 51/49 = 460 \text{ kg deň.}$$

Başlangyç N erginde 560 kg NaBr bardy, diýmek ND aralykda çökündä geçdi: 560 – 460 = 100 kg NaBr. Dergini

ene-de sowadanda $\text{NaBr} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ çökündä geçýär, öň çöken NaBr bolsa $\text{NaBr} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ gidrata öwrüler.

Emele gidratyň mukdaryny kesgitleýäris. $\text{NaBr} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ çökýär, ýagny iki komponent hem gaty faza geçýänligi sebäpli üýtgemeýän komponent boýunça hasaplama usulyňy ulanyp bolmaýar. Şonuň üçin maddy balansyň deňlemelerini düzmek usulyňy ulanýarys.

Erginiň aýratyn kesimleri boýunça, ýagny N nokatdan D nokada çenli, soňra M_2 ahyrky nokada çenli hasaplama geçirýäris.

Başlangyç N erginiň düzümi: 560 kg NaBr we 440 kg H_2O . Erginiň D aralyk nokadyndaky düzümi, bu ýerde gidrat emele gelýär: z (51 % NaBr + 49 % H_2O), z – D erginiň agramy (kg). N nokatdan D nokada çenli sowadylma prosesiniň umumy deňlemesi:

1000 kg N ergin = z kg D ergin + x kg NaBr + y kg H_2O ýa – da

$$560 \text{ kg NaBr} + 440 \text{ kg H}_2\text{O} = z (51 \% \text{ NaBr} + 49 \% \text{ H}_2\text{O}) + x \text{ kg NaBr} + y \text{ kg H}_2\text{O}$$

Bu ýerde x – çöken $\text{Na}_2\text{Br} \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ – nyň düzümindäki Na_2Br – ñ mukdary;

y – çöken Na_2Br – ñ düzümindäki suwuň mukdary.

Komponentler boýunça deňlemeleri düzýäris:

$$\text{Na}_2\text{Br} - 560 = 51z + x$$

$$\text{H}_2\text{O} - 440 = 49z + y$$

Üçünji deňlemäni gidratyň ($\text{Na}_2\text{Br} \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) formulasy boýunça düzýäris:

$$\frac{x}{y} = \frac{102,91}{2 \cdot 18} = 2,86$$

Bu deňlemeleriň toplumyny işläp, tapýarys:

$$x = 161, y = 56, z = 7,83$$

D erginiň galan agramy: $7,83 \cdot 100 = 783$ kg.

Şonda gaty fazada saklanýan Na_2Br :

$$161 + 56 = 217 \text{ kg}$$

783 kg erginde saklanýar:

$$\text{Na}_2\text{Br} - 783 \cdot 0,51 = 400 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{O} - 783 \cdot 0,49 = 383 \text{ kg}$$

Indi 783 kg erginiň $50,6^\circ\text{C}$ -den 0°C çenli sowadyлма prosesiniň hasaplamasyny geçireli.

Ergin D nokatdaky ýagdaýyndan M_2 süşer. Diagrammadan M_2 erginiň düzümini kesgitleýäli: 44 % NaBr we 56 % H_2O .

50,6 – dan 0°C çenli sowatma prosesiniň umumy deňlemesi:

$$400 \text{ kg NaBr} + 383 \text{ kg H}_2\text{O} = z (44 \% \text{ NaBr} + 56 \% \text{ H}_2\text{O}) + x \text{ kg NaBr} + y \text{ kg H}_2\text{O}$$

Bu ýerde x we y – gidratyň düzümindäki Na_2Br we H_2O mukdarlary.

Komponentler boýunça deňlemeleri düzýäris:

$$\text{NaBr} - 400 = 44 z + x$$

$$\text{H}_2\text{O} - 383 = 56 z + y$$

Üçünji deňleme $\text{Na}_2\text{Br} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ gidratyň formulasyndan düzülýär:

$$\frac{x}{y} = \frac{102,91}{2 \cdot 18} = 2,86$$

Bu deňlemeleriň toplumyny işläp, kesgitleýäris:

$$x = 136, z = 6, y = 47$$

Çöken Na_2Br : $x + y = 136 + 47 = 183$ kg

Galan M_2 ergin: $6 \cdot 100 = 600$ kg (264 kg NaBr we 336 kg H_2O)

N erginiň 1000 kg – dan 87 – den 0°C çenli sowadylanda (DM_2 kesimde) emele gelýär $\text{Na}_2\text{Br} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$:

$$217 + 183 = 400 \text{ kg}$$

V.1.7 Mesele

5,2 t 30 % - li KCl erginini (sur.2 a nokad) 100°C – den 0°C çenli sowatýarlar. Şonda näçe KCl çökündä geçer?

Çözüdi

Diagrammadan 0°C – de ahyrky d erginiň düzümi: 21 % KCl we 79 % H_2O .

Birinjiden göni kadasy boýunça a ergin 0°C çenli sowadylanda sistemanyň figuratiw nokady e ýagdaýa süýşer, gaty fazanyň nokady D nokatda bolar, suwuk fazanyňky bolsa d nokatda ýerleşer. Bu nokatlar bir Dd göniniň üstünde ýatýarlar.

e sistemany KCl we suwuk fazadan ybarat bolan garyndy hökmünde göz önünde getirip bolar. Bu garyndy aş a doýgunlaşan e erginden KCl kristallaşmasynyň ahyrky önümidir. Garyndynyň d suwuk fazasy – kristallaşmadan soň galan ergin. Hasaplamany başlangyç kompleksyň – e erginiň 100 kg boýunça geçirýäris; x– şol kompleksiniň 100 kg – dan çökündä geçen KCl mukdary.

Şonda suwuk fazanyň mukdary :

$$100 - x$$

a – 30 % KCl ergini – kristallaşma üçin alynýan başlangyç erginiň konsentrasiýasy;

b – d galan erginiň konsentrasiýasy – 21 % KCl; c – çökündä geçen (gaty fazada) KCl saklanylşy – 100 % diýip hasap edilende, alýarys:

$$X = \frac{100(a-b)}{c-d} = \frac{100(30-21)}{100-21} = 11,38 \text{ kg KCl}$$

Diýmek, suwuk fazanyň mukdary:

$$100 - X = 100 - 11,38 = 88,62 \text{ kg}$$

5200 kg alynan erginden jemi çökündä geçen KCl:

$$\frac{11,38 \cdot 5200}{100} = 593 \text{ kg.}$$

Diýmek, galan erginiň mukdary:

$$\frac{88,62 \cdot 5200}{100} = 4607 \text{ kg}$$

$$s = \frac{11,38 \cdot 100}{30} = 38 \%$$

KCl – ñ çykymy:

V.2 Ereýjilik diagrammalaryň esasynda geçirilýän hasaplamalaryň meseleleri.

V.2.1 Mesele

20 °C – de 10 % - li NaCl ergininiň 3m³ berilýär. Sistemany kriogidrat temperatura çenli sowadanda emele gelýän buzyň mukdaryny kesgitlemeli. NaCl – H₂O sistemany sur. 5 görkezilýär.

Çözüdi

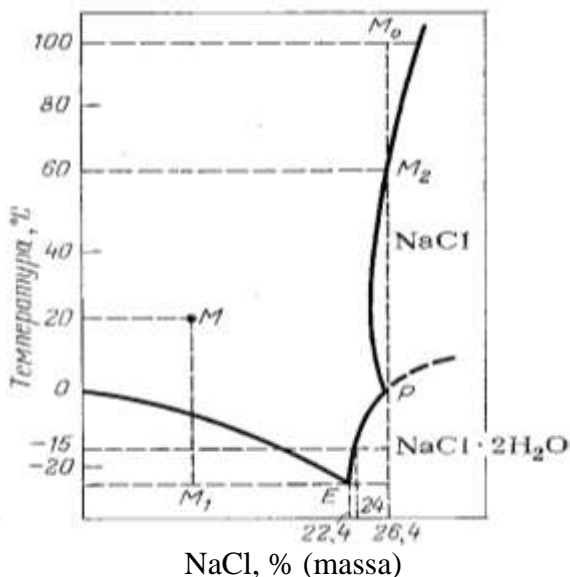
1 – nji usul: hasaplamany leňner kadasy boýunça geçirýäris.

10 % NaCl erginiň 20 °C – de dykzlygy 1,07 t/m³ deň.

Diýmek, başlangyç sistemanyň massasy

$$3 \cdot 1,07 = 3,21 \text{ t}$$

Şol sanda duz – 0,321 t; suw – 2,89 t.



Sur. 5 NaCl – H₂O sistemanyň ereýjilik diagrammasy

Diagramma boýunça ewtektiki temperaturada erginiň konsentrasiýasy 22,4 % NaCl.

Diýmek, kriogidrat temperatura çenli sowadylanda duzuň konsentrasiýasy $22,4 : 10 = 2,24$ esse ýokarlanar.

Kriogidrat temperatura çenli sowadylanda sistema M nokatdan M₁ nokada süýşer. Şonda suwuk fazanyň düzümine E nokat degişli bolup, faza bolsa B nokad bilen kesgitlenýär. Leňner kadasyna laýyklykda gaty fazanyň mukdarynyň G_s suwuk fazanyň mukdaryna G_λ bolan gatnaşygy şeýle aňladylar:

$$\frac{G_s}{G_\lambda} = \frac{22,4 - 10}{10 - 0} = \frac{12,4}{10}$$

Çökyän gaty fazanyň mukdaryny x, galan suwuk fazany bolsa (3,21 – x) arkaly belläp, alýarys:

$$\frac{x}{3,21} = \frac{12,4}{10}; \quad x = 1,78 \text{ t}$$

2 – nji usul: üýtgemeýän komponent boýunça hasaplama. Başlangyç erginiň M figuratiw nokadyndan goýberilýän perpendikulýar buz kristallaşýan ergini kesip geçýär, şonuň üçin ewtektika çenli gaty faza diňe buz geçer, natriý hloridi bolsa erginde galar. Bu ýagdaýda hasaplamanyň çökündä geçmeýän komponent boýunça geçirmek amatlydyr. Diagramma laýyklykda, ewtektiki garyndy 22,4 % NaCl we 77,62 % suwy saklaýar. Sistemada öňden 0,321 t duz bardy we ol tutuşlygyna erginde galdy. Diýmek, ewtektikada, suwuk fazada galan duzyň x mukdary aşakdaky deňleme bilen kesgitlenýär:

$$\frac{NaCl}{H_2O} = \frac{22,4}{77,58} = \frac{0,321}{x}$$

Ýagny, komponentleriň mukdarlarynyň % gatnaşygy massa birlikdäki gatnaşyga deňdir. Bu ýerde $x = 1,11$ t, diýmek emele gelýän buzun mukdary:

$$2,89 - 1,11 = 1,78 \text{ t.}$$

V.2.2 Mesele

100 °C – de 400 kg 27 % -li NaCl ergini berilýär. Sistemanyň – 15 °C çenli sowadylma prosesini synlamaly we öwrüliş nokada çenli bölünip çykýan suwsyz duzyň mukdaryny we gaty fazanyň düzümini, şeýle hem berilen temperatura çenli sowadylanda erginiň düzümini kesgitlemeli.

Çözüdi

Başlangyç sistemanyň M_0 figuratiw nokadyndan (sur.5) ordinatany geçirip, onuň doýgunlaşma çyzyk bilen kesişýän M_2 nokady tapýarys. M_2 nokadyň ordinatasy 60 °C temperatura degişli bolup, gaty fazanyň emele gelme temperaturasyny kesgitleýär. Emele gelýän gaty faza suwsyz duz bolýar, şonuň üçin ergindäki suwuň mukdary üýtgänok we suwy üýtgemeýän komponent hökmünde kabul edip bolýar. Erginiň düzümine

girýän suwuň mukdary: $100 - 27 = 73 \%$ x deň, ýa – da massa birliginde $400 \cdot 0,73 = 292$ kg.

Diagrammadan öwrüliş nokadyň düzümi: 26,3 % NaCl we 73,7 % suw. Erginde galan suwuň we duzuň mukdarlarynyň massa birliklerde aňladylan gatnaşygy deňdir:

$$\frac{H_2O}{NaCl} = \frac{73,7}{26,3} = \frac{292}{X}$$

Bu ýerde X – 104,2 kg deň bolan suwuk fazanyň düzümindäki duz.

Sistemada jemi 27 %, ýagny 108 kg duz saklanýar. Diýmek, gaty faza bölünip çykýar $108 - 104,2 = 3,8$ kg.

Indiki sowadylmada suwsyz duz kristallogidrata $NaCl \cdot 2 H_2O$ öwrülýär, şonuň üçin soňky hasaplamalary üýtgetmeýän komponent boýunça hasaplama usulyny ulanyp bolmaýar. Şol sebäpli ilki bilen sistemanyň öwrüliş nokadyndaky düzümini (suwsyz duzyň bigidrata öwrüliş pursatynda) kesgitleýäris.

Başlangyç sistemada 108 kg NaCl we 292 kg H_2O saklanýar. Öwrülişmeden soň, diagramma boýunça P nokatda erginiň düzüminde 26,3 % NaCl we 73,7 % H_2O bolar. Eger bu erginiň mukdaryny m, gaty fazadaky NaCl – x bigidratdaky suwy – y bilen bellesek, onda maddy balansyň deňlemesi şeýle görnüşli bolar:

$$108 NaCl + 292 H_2O = m (0,263 NaCl + 0,73 H_2O) + x + y$$

Deňlemäniň önümleri şeýle görnüşde bolar:

$$\text{Duz üçin} \quad 108 = m \cdot 0,263 + x$$

$$\text{Suw üçin} \quad 292 = m \cdot 0,73 + y$$

Üçünji deňleme bigidratyň formulasynda düzülýär:

$$\frac{NaCl}{d H_2O} = \frac{x}{y} = \frac{58,5}{36}$$

Deňlemeleriň toplumyny işläp, tapýarys:

$$m = 392,1 \text{ kg}; x = 4,99 \text{ kg}; y = 3,02 \text{ kg.}$$

Şeýlelikde, öwrülişmeden soň gaty fazanyň düzümi we mukdary:

$$\text{NaCl} \cdot 2 \text{H}_2\text{O} = 4,88 + 3,02 = 7,90 \text{ kg.}$$

Suwuk fazanyň düzümi we mukdary:

$$\text{NaCl} = 392,1 \cdot 0,263 = 103,12 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 392,1 \cdot 0,737 = 288,98 \text{ kg}$$

Gaty fazada saklanýan bigidratyň umumy mukdaryny we -15°C çenli sowadylanda erginiň düzümini kesgitlemek üçin bu temperatura degişli gorizonta geçirilýär; kesişme nokadyň absgisasy -15°C temperaturadaky fazanyň düzümini häsiýetlendirýär, ýagny 24 % NaCl we 76 % H_2O .

Maddy balansyň deňlemesi:

$$108 \text{ kg NaCl} + 292 \text{ kg H}_2\text{O} = m (0,24 \text{ NaCl} + 0,76 \text{ H}_2\text{O}) + x + y$$

Bu ýerde x we y – gaty fazadaky NaCl – ñ we H_2O – ñ mukdarlary.

Deňlemäniň önümleri:

$$\text{NaCl üçin} \quad 108 = 0,24 + x$$

$$\text{Suw üçin} \quad 292 = 0,76 + y$$

$$\text{Bigidratyň düzümi boýunça} \quad x/y = 58,5/36$$

Deňlemeleriň toplumyny işläp, alýarys:

$$m = 368,3 \text{ kg} ; x = 19,6 \text{ kg} ; y = 12,1 \text{ kg}$$

Gaty faza bölünip çykan gidrat $19,6 + 12,1 = 31,7 \text{ kg}$; galan suwuk faza 368,3 kg, onuň düzümi:

$$\text{NaCl} - 368,3 \text{ kg} \cdot 0,24 = 88,4 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{O} - 368,3 \cdot 0,76 = 279,9 \text{ kg}$$

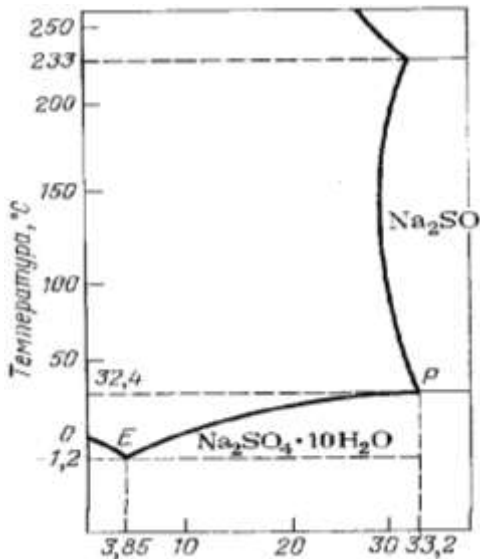
V.2.3 Mesele (sur. 6)

$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ mirability $32,4^\circ\text{C}$ çenli gyzdyranda bolup geçýän üýtgeşmeleri kesgitlemeli.

Çözgüdi

Berlen temperatura öwrüliş nokat bolýanlygy sebäpli on suwly duz suwsyz görnüşe geçýär. Şonda bir näçe mukdar suw boşaýar we natriý sulfaty bilen doýgunlaşan ergini emele getirýär.

Onuň düzümi P öwrüliş nokad bilen häsiýetlendirilýär: 33,2 % Na_2SO_4 we 66,8 % H_2O .



Na_2SO_4 , % (massa)

Sur.6 Na_2SO_4 – H_2O sistemanyň ereýjiligiň politermasy.

Mirabilityň doly suwsyzlanmagynda suwuň ähli mukdary ergine geçer. Eger $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ 100 gr, ýany 44,1 gr Na_2SO_4 we 55,9 gr suw we ergine x gr Na_2SO_4 giçdi diýip kabul edilse, onda P nokat üçin şeýle ýazyp bolar:

$$\frac{\text{Na}_2\text{SO}_4}{\text{H}_2\text{O}} = \frac{33,2}{66,8}(\%) = \frac{x}{55,9}(\text{gr})$$

Bu ýerde $x = 27,8$.

Diýmek, emele gelen suwuk fazada $27,8 \text{ gr} \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$, gaty fazada bolsa $44,1 - 27,8 = 16,3 \text{ gr Na}_2\text{SO}_4$ saklanar.

Şonda emele gelen suwuk fazanyň düzümi:

$\text{Na}_2\text{SO}_4 - 27,8 \text{ gr.}$

$\text{H}_2\text{O} - 55,9 \text{ gr.}$

Jemi $83,7 \text{ gr.}$

V.2.4 Mesele (sur. 6)

Ýokarda berilen mysala laýyklykda, galan erginden mirobilityň çykýan mukdaryny we kriogidrat temperatura çenli sowadylanda emele gelýän täze düzümlü erginiň mukdaryny kesgitlemeli.

Çözüdi

Diagramma boýunça kriogidrat erginiň düzüminde $3,85 \% \text{ Na}_2\text{SO}_4$ we $96,15 \% \text{ H}_2\text{O}$ saklanýar. Iki komponent hem gaty faza geçýär, erginde üýtgemeyän komponent ýok.

Maddy balansyň deňlemesi:

$$27,8 \text{ gr Na}_2\text{SO}_4 + 55,9 \text{ gr H}_2\text{O} = m (0,385 \text{ Na}_2\text{SO}_4 + 0,9165 \text{ H}_2\text{O}) + x + y$$

Bu ýerde x we y – sowadylandan soň gaty fazadaky Na_2SO_4 we H_2O mukdarlary.

Deňlemäniň önümleri:

$$\text{Na}_2\text{SO}_4 \text{ üçin } 27,8 = 0,0385x + x$$

$$\text{Suw üçin } 55,9 = 0,9615y + y$$

$$\text{Mirabilityň düzümi boýunça } \frac{x}{y} = \frac{142}{80}$$

Deňlemeleriň toplumyny işläp, alýarys:

$$m = 22,64 \text{ gr}; x = 26,93 \text{ gr}; y = 34,12 \text{ gr.}$$

$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}$ jemi emele geleni: $26,93 + 34,12 = 61,05 \text{ gr.}$

Galan suwuk fazanyň mukdary $22,64 \text{ gr}$, şol sanda $27,8 - 26,93 = 0,87 \text{ gr Na}_2\text{SO}_4$ we $55,9 - 34,12 = 21,78 \text{ gr H}_2\text{O}$.

Övrüliš nokadynda suwsyz duz görnüşinde natriý sulfatyň çykymy: $\frac{16,3}{44,1} \cdot 100 = 37\%$. Kriogidrat temperatura çenli sowadylanda mirabilityň düzüminde:

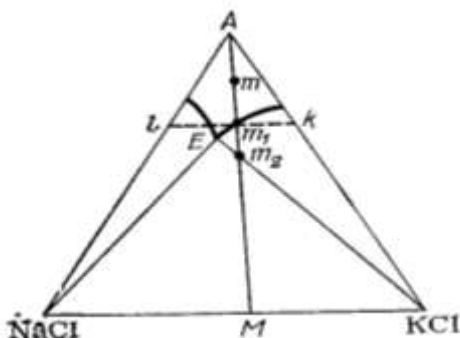
$$\frac{26,93}{44,1} \cdot 100 = 61\% \text{ } Na_2SO_4$$

Natriý sulfatyň umumy çykymy 98 %.

Üç komponently sistemalaryň ereýjilik diagramalarynyň esasynda geçirilýän hasaplamalar.

V.2.5 Mesele

4 kg NaCl we 6,56 kg KCl saklaýan 100 kg erginden 25 °C temperaturada sistemadan 90 % suw aýrylýança prosesini izygider tapgyrlarynda bugaran suwuň we çykýan duzlaryň mukdarlaryny kesgitlemeli. (sur. 7)



Sur. 7 KCl – NaCl – H₂O sistemanyň izotermasy (25°C)

Çözüdi

Sur. 7 boýunça sistemanyň m nokadyny kesgitleýäris. Bu nokatdan we suwuň depesinden doýgunlaşma egri (KCl kristallaşma çyzygy) bilen kesişme m₁ nokadyna çenli çyzyk geçirýäris. m₁ nokatdaky düzümi kesgitlemek üçin ondan KCl – NaCl tarapyna paralel göni çyzyk geçirýäris we AM göni

çyzyk bilen bölünýän kesimleri ölçeyäris. Şonda NaCl – ñ mukdary – m_1 k çyzyk – 10,7 %; KCl – ñ mukdary m_1 l çyzyk – 17,65 %; suwuň paýyna bolsa 71,65 % galýar.

KCl – ñ kristallaşmasy başlanýança bugaran suwuň mukdaryny kesgitlemek üçin üýtgemeyän komponent hökmünde islendik duzy kabul edip bolýar, mysal üçin NaCl. Şonda m_1 nokat üçin ýazyp bolýar:

$$\frac{NaCl}{H_2O} = \frac{10,7}{71,65}(\%) = \frac{4}{x}(kg)$$

$$x = \frac{4 \cdot 71,65}{10,7} = 26,75$$

Şeýlelikde bugarýar $89,44 - 26,75 = 62,69$ kg suw.

NaCl – ñ çökündä geçip başlanmagyna çenli, bugaran suwuň mukdaryny we gaty fazanyň massasyny kesgitlemek üçin, m_2 nokatdaky sistemanyň düzümini kesgitleýäris; ergin bu pursatda ewtoniki düzüme (E nokat) laýyk bolýar. Üýtgemeyän komponent NaCl. Şonda ewtoniki nokat üçin

$$\frac{NaCl}{H_2O} = \frac{20,36}{68,44}(\%) = \frac{4}{Xx}(kg)$$

$$x = \frac{68,44 \cdot 4}{20,36} = 13,43 \text{ kg}$$

Diýmek, $26,75 - 13,43 = 13,32$ kg suw bugarýar.

Edil şeýle, KCl duzuň çykan mukdary kesgitlenende, ewtoniki nokat üçin ýazyp bolýar.

$$\frac{NaCl}{KCl} = \frac{20,36}{11,2}(\%) = \frac{4}{X}(kg)$$

$$X = 2,2 \text{ kg}$$

Diýmek, çökündä $6,56 - 2,2 = 4,36$ kg KCl geçýär.

$$\text{KCl} - \text{ň} \text{ çykymy: } \frac{4,36}{6,56} \cdot 100 = 66,5 \% \quad m_2 \text{ nokatda}$$

sistemanyň düzümi gaty faza: 4,36 kg KCl;

Suwuk faza: 13,43 kg suw, 2,2 kg KCl we 4 kg NaCl.

Berlen ýagdaýa çenli bugaran suwuň mukdaryny kesgitläli. Erginde başlangyç kompleksden 10 % suw galmaly, ýagny $89,44 \cdot 0,1 = 8,94$ kg; bugarmaly suw mukdary bolsa $13,43 - 8,94 = 4,49$ kg.

Sistemadaky ähli komponentleriň mukdary üýtgeýänligi (suw bugarýar, iki duz çökyär) sebäpli çökündä geçýän KCl –ň mukdaryny hasaplamaly. Proporsiýany düzmek üçin erginde we ewtonikada galan suwuň mukdaryny ulanýarys.

$$\frac{KCl}{H_2O} = \frac{11,2}{68,44} (\%) = \frac{x}{8,94} (kg) \quad x = 1,46 \text{ kg}$$

Şeýlelikde, $2,2 - 1,46 = 0,74$ kg KCl çökündä geçýär. Çykýan NaCl –ň mukdaryny ewtonikanyň düzümi boýunça tapýarys:

$$\frac{NaCl}{H_2O} = \frac{20,36}{68,44} (\%) = \frac{4}{x} (kg)$$

$$x = 2,66$$

Diýmek, çökündä $4 - 2,66 = 1,36$ kg NaCl. Bu aralykda çökündide KCl:NaCl gatnaşygy $0,74:1,36 = 0,55$ bolýar.

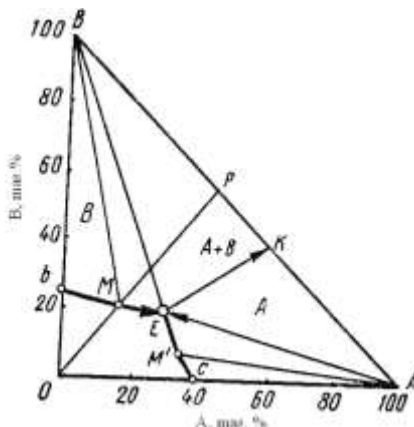
Erginde hem bu komponentleriň gatnaşygy $\frac{2,2}{4} = \frac{1,46}{2,66} = 0,55$.

Diýmek ewtoniki nokatda erginiň hem – de çökündiniň düzümi birmeňzeş.

Göniburçly koordinatalarda ereýjilik diagrammalaryň gurluşy.

Bu usulda A we B komponentleriň konsentrasiýalarygramlarda ýa – da mollarda (eredijiniň hemişelik mukdaryna görä) aňladylýar.

Sur. 8 suwda umumy ionly iki duzyň bilelikdäki ereýjilikleriniň egrileri umumy görnüşde şekillendirilýär. Koordinatalaryň başlangyjy suwa degişli bolup, c we b nokatlar bolsa duzlaryň doýgunlaşan erginlerine degişlidir.



Sur. 8 A – B – H₂O sistemanyň ereýjilik izotermasynyň göniburçly üçburçlukda şekillendirilişi

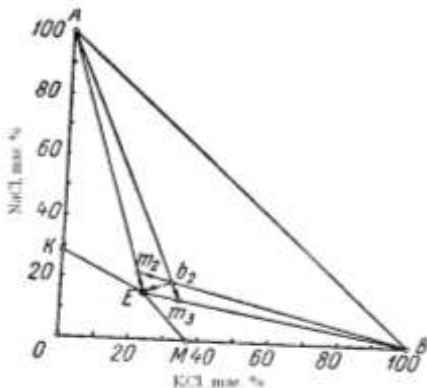
Kristallaşma şöhlesi – kristallaşýan duzyň we duzlaryň doýgun erginleriniň figuratiw nokatlaryndan geçirilýän göni çyzyk (mysal üçin, H₃m₃ kesim B duzyň kristallaşýan şöhlesi). Kristallaşma prosesinde suwuk fazanyň düzüminiň üýtgemegini görkezýän göni çyzyga kristallaşma ýoly diýilýär (mysal üçin m² E kesim B duzyň kristallaşýan ýoly), bugarma prosesinde bolsa – bugarma ugry bolar.

Üç komponentli sistemalaryň ereýjilik diagrammasyny grafiki hasaplamasy üçin düzümiň agram % aňladylýan ýagdaýynda göniburçly koordinatalary ulanmak amatlydyr.

Bu göniburçly üçburçlukda göni burçyň depesi suwuň figuratiw nokady bolýar. Sistemanyň düzümi prosentde aňladylýandygy üçin komponentleriň jemi $A + B + H_2O = 100$ % bolar; şol sebäpli izotermada islendik figuratiw nokadyň ýagdaýy x we y koordinatalary boýunça kesgitlenýär. Katetleri erkin uzynlykda bolan göni – burçly üçburçluk üçin x we y

OP göniniň nokatlary iki komponentleriň durnukly gatnaşygyna degişlidirler, ýagny bu gönide suwuň mukdary üýtgeýär, başgaça aýdylanda, ol bugarma şöhlesi bolýar.

Kristallaşma şöhleleriň garşylykda ýerleşýän soňynde (b E c) doýgun erginleriň düzümi şekillendirilýär. Çökýän gaty fazanyň düzüminiň figuratiw nokadyny doýgun erginiň düzüminiň nokady bilen birikdirýän göniler kristallaşma şöhleleri bolar. Bu göniler boýunça umumy kompleksin (doýdun erginiň bilen degişli gaty fazanyň garyndysynyň) düzümi üýtgeýär.



V.2.6 Mesele

Onuň düzümi: 17mas % KCl; 10,7 mas.% NaCl we 72,3mas.% H₂O. Ergin 20⁰C çenli sowadylyar we şonda KCl kristallaşýar. Kristallaşmadan soň galan ergini (matoçnyý) düzümi m₁:

7mas.% KCl, 12mas% NaCl we 81mas% H₂O. 1000kg başlangyç b, erginden çykýan KCl mukdaryny kesgitlemeli.

Çözüdi.

Hasaplamada kesimleriň gatnaşygy boýunça leňňer kadasyňy ulanally:

$$\frac{KCl \text{ mukdary}}{b, \text{ erginiň mukdary}} = \frac{b_1 m_1}{B m_1}$$

ýa-da

$$\frac{KCl \text{ mukdary}}{1000} = \frac{17 - 7}{100 - 7} = 0,107$$

Diýmek, 1000kg b, ergini sowadanda 0,107·1000 =107kg KCl çykýar. B₂ düzümlü erginden KCl we NaCl bilelikdäki kristallaşmagy ýagdaýynda prosesi b₂ m₂ E ýa-da b₂ m₃ E egri boýunça şekillendirip bolar. Hemişelik düzümlü erginiň ahyrky düzümi E ewtoniki nikada düşýar KCl we NaCl bilelikde çykýan mukdaryny hem leňňer kadasy, ýagny KCl (βm₂) we NaCl (AE) kristallaşma şöhleriniň keçimleriniň gatnaşygy boýunça kesgitläp bolýar.

$$\frac{\text{çykýan KCl mukdary}}{b_2 \text{ başaşlang erginiň mukdary}} = \frac{b_2 m_2}{B m_2}$$

$$\frac{\text{çykýan NaCl mukdary}}{m_2 \text{ erginiň mukdary}} = \frac{E m_2}{E A}$$

m₂ erginiň mukdary b₂ erginiň mukdary – KCl mukdaryna laýyk bolýanlygy üçin

$$\begin{aligned} \frac{\text{çykýan NaCl mukdary}}{m_2 \text{ erginiň mukdary}} &= \frac{\text{çykýan NaCl mukdary}}{b_2 \text{ erginiň mukdary}} \cdot \frac{b_2 \text{ erginiň mukdary}}{b_2 \text{ erginiň mukdary} - KCl \text{ mukdary}} = \\ &= \frac{NaCl \text{ mukdary}}{b_2 \text{ erginiň mukdary}} \cdot \frac{1}{1 - KCl \text{ mukdary} / b_2 \text{ erginiň mukdary}} \end{aligned}$$

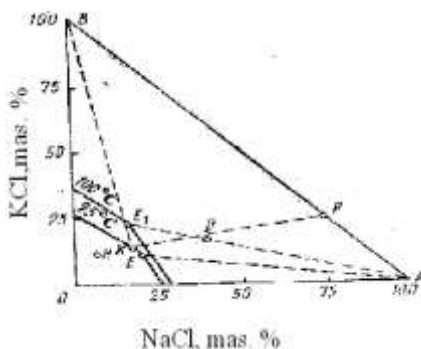
Gutarnykly:

$$\frac{\text{çykýan NaCl mukdary}}{b_2 \text{ erginiň mukdary}} = \frac{\beta b_2}{\beta m_2} \frac{Em_2}{EA}$$

βb_2 we βm_2 kesimleriň gatnaşygyny KCl okuna göýberilen olaryň proeksiýalaryna, Em_2 we EA – NaCl okuna proeksiýalaryna (diagrammanyň KCl we NaCl üçin indeksleri) çalşyryp bolýar.

V.2.7 Mesele (sur.10)

100°C temperaturada 25% KCl we 75% NaCl düzümlü silwinit eredilýär; 21,5% KCl, 16,9% NaCl we 61,6% H₂O düzümlü E, doýgunlaşan ergin emele gelýär. E, ergini 250C çenli sowatýarlar. K matoçnyý erginiň düzümi: 11,2% KCl; 20,4% NaCl we 68,1% H₂O. Çykýan KCl mukdarynyň we silwinitiň harajatyny kesgitlemeli.



Sur. 10 KCl – NaCl – H₂O sistemanyň 25 we 100 °C ereýjilik izotermasy

Çözüdi

Çykýan KCl mukdaryny proporsiýadan (H₂O üýtgemeyän komponent boýunça) kesgitleýäris:

$$\frac{H_2O}{KCl} \text{ (K nokadyň koordinatalary)} = \frac{H_2O}{x} \text{ (E, düzüm boýunça)}$$

$$= \frac{68,4}{11,2} = \frac{61,6}{x}$$

bu ýerde x – K erginde galýan KCl mukdary
 $x = \frac{61,6 \cdot 11,2}{68,4} \cdot 100\%$; $x = 100\text{kg}$.

Diýmek, E, erginde çykýan KCl: $215 - 100 = 115\text{kg}$;
 galýan K matoçnyý ergin: $1000 - 115 = 885\text{kg}$. 115kg KCl we
 885kg matoçnyý erginini almak üçin zerur bolan silwinit:

$$115/25 \cdot 100 = 460\text{kg}.$$

Silwiniti eredenden soň zyňyndyda (otwal) NaCl:

$460 - 115 = 345\text{kg}$ (bu hasaplama takmyny, ýagny garyndylar, hasaba alynmaýar matoçnyý erginiň, KCl-ň we beýlekileriň ýitgilerini göz önünde tutulmaýar)

P nokady K nokat bilen birikdireli. KP gönide K ergini silwinit bilen düzli gatnaşyklary ýerleşýärler. Silwinitiň we matoçnyý erginiň mukdarlarynyň gatnaşygy diagrammada KD/DP gatnaşyk boýunça kesgitlenýär. Beýleki tarapdan, E_1 ewtoniki erginiň gaty NaCl-ň bilen utgaşdyrylan düzümleriniň geometriki ýeri, E, A çyzyk bilen şekillendiriler. KP we E, A çyzyklaryň kesişme D nokady 100°C -de erginiň KCl we NaCl bilen doýgunlaşýan silwinit – K matoçnyý ergin sistemanyň düzümini beýan edýär.

Erginiň mukdary bilen silwinityň arasyndaky kesgitlenen gatnaşygy saýlap, KCl we NaCl bölmek we E_1 başlangyç ergini regenerirläp bolar.

Bu gatnaşyk şeýle saýlanýar: silwinitde saklanýan KCl-ň umumy mukdary çykýan KCl-ň mukdaryna deň bolmalydyr.

Silwinitden KCl-ň çykarylmagy üçin zerur bolan K erginiň mukdaryny KP leňneriň ölçenen eginleriň gatnaşygy (silwinitiň ereme şöhlesi) boýunça kesgitlenýär.

$$\frac{K \text{ erginiñ mukdary}}{\text{silwiniti ñ mukdary}} = \frac{DP}{KD}$$

Diýmek, K erginiñ 100kg:

$$\frac{1000}{\text{silwiniti ñ mukdary}} = \frac{DP}{KD} = \frac{21}{11}$$

Bu ýerden:

$$1000 \cdot \frac{21}{11} = 520 \text{ kg silwinit}$$

Grafiki ýol bilen, leňner kadasyny ulanyp, βK kristallaşma şöhlesiniň we bu şöhleniň E_1K kesimini ölçäp çykýan duzuň mukdaryny kesgitlep bolýar.

100 · $E_1K/\beta K$ aňlatma sowadylmada 100kg başlangyç erginden çökyän gaty fazanyň (KCl) mukdaryny berýär:

$$\frac{E_1K}{\beta K} \cdot 100 = \frac{5,5}{48} \cdot 100 = 11,5 \text{ kg KCl}$$

KE_1 we $K\beta$ kesimleriniň uzynlaryny ölçemän K we E_1 erginlerde KCl-ň diagramma boýunça indeksleri hem ulanyp bilýär.

$$1000 \text{ kg } E_1 \text{ ergini } \frac{E_1K}{\beta K} = \frac{21,5 - 11,2}{100 - 11,2} = 0,115$$

Şundan, 1000kg erginden çökündä geçýän KCl-ň mukdary:

$$E_1 = 0,115 \cdot 1000 = 115 \text{ kg.}$$

Edebiýat

1. Türkmenistanyň Konstitusíasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşin täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşin täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom. Aşgabat, 2009.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, Halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007.
5. Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistan – sagdynlygyň we ruhbelentligiň ýurdy. Aşgabat, 2007.
6. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi. (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny). Aşgabat, 2009.
7. Türkmenistanyň Prezidentiniň «Obalaryň, şäherleriň, etrapdaky şäherçeleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşayyş şertlerini özgertmek boýunça 2020-nji ýyla çenli döwür üçin» Milli maksatnamasy. Aşgabat, 2007.
8. «Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry» Milli maksatnamasy. «Türkmenistan» gazetini, 2003-nji ýylyň, 27-nji awgusty.
9. «Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy». Aşgabat, 2006.
10. М.Е. Позин "Технология минеральных удобрений". М.Химия, 1987.
11. М.Е. Позин, Р.Ю. Зинюк. "Физико-химические основы ТНВ." М.Химия 1987.
12. Е.Л. Яхонтова и др. "Применение диаграмм растворимости в ТНВ". М.Химия 1987.
13. Г.Н. Кононова "Расчет солевых систем. М. Химия 1987.
14. М. Niýazberdiýewa. Fosfor dökünleriň we kalsinirlenen sodanyň tehnologiýalary. TPI okuw gollanma 2006.

Mazmuny

№	Temalary	Sahypa
1	I bap Gaz kanunlary.	8
2	I.1 Gazlaryň ýagdaý deňlemesi.	8
3	II bap Önümçilikler boýunça hasaplamalar	17
4	II.1 Gaty materiallaryň düzümi we häsiýetnamasy.	17
5	II.2 Stehiometriki hasaplamalar.	20
6	II.3 Özbaşdak işlemek üçin mysallar.	25
7	III bap Termodinamikanyň birinji kanunynyň esasynda geçirilýän hasaplamalar.	27
8	III.1. Maddy balans.	27
9	III.2 Ýylylyk we energetiki kanunlar.	42
10	III.3 Ýylylyk balans	46
11	III.4 Himiki we fiziki öwrülişleriň ýylylyklary.	49
12	IV bap Termodinamikanyň ikinji kanuny.	58
13	IV.1. Himiki reaksiýalaryň ugry	58
14	V bap Organiki däl maddalaryň tehnologiýasynda grafiki hasaplamalary	71
15	V.1 Ereýjilik diagrammalar boýunça hasaplamalaryň umumy usulyýeti	72
16	V.2 Ereýjilik diagrammalaryň esasynda geçirilýän hasaplamalaryň meseleleri	88
17	Edebiýat	104