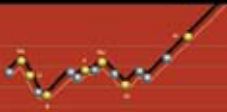


kimikako problemak



III. argitaerakia

1.000
1.200



NEH

www.kimikako.net

Kimikako problemak

Itziar Urretxa
Jazinto Iturbe

© Jazinto Iturbe, Itziar Urretxa
© Udako Euskal Unibertsitatea

ISBN: 84-86967-97-X

Lege-gordailua: SS-69-99

Inprimategia: ANTZA, Lasarte Oria
Azaleko diseinua: Iñigo Ordozgoiti

Banatzaileak: UEU. Concha Jenerala 25, 4. BILBO telf. 94-4217145
e-mail: bulegoa@ueu.org www.ueu.org

Zabaltzen: Igerabide, 88 DONOSTIA

Aurkibidea

HITZAURREA	7
FORMULAZIOA	9
I.- ESTEKIOMETRIA	
A.- Galderak	15
B.- Problema ebatziak	21
C.- Problemak	34
II.- GAS-EGOERA	
A.- Galderak	39
B.- Problema ebatziak	42
C.- Problemak	56
III.- EGOERA SOLIDOA ETA EGOERA LIKIDOA	
Galderak	63
IV.- ZINETIKA KIMIKOA	
A.- Galderak	67
B.- Problema ebatziak	72
C.- Problemak	91
V.- TERMODINAMIKA	
A.- Galderak	99
B.- Problema ebatziak	103
C.- Problemak	121
VI.- FASE-ALDAKETAK	
A.- Galderak	131
B.- Problema ebatziak	135
C.- Problemak	141
VII.- EZ-ELEKTROLITOEN DISOLUZIOAK	
A.- Galderak	145
B.- Problema ebatziak	148
C.- Problemak	158

VIII.-	ELEKTROLITOEN DISOLUZIOAK	
	A.- Galderak	165
	B.- Problema ebatziak	169
	C.- Problemak	175
IX.-	OREKA KIMIKOA	
	A.- Galderak	179
	B.- Problema ebatziak	182
	C.- Problemak	193
X.-	AZIDO-BASE OREKA	
	A.- Galderak	201
	B.- Problema ebatziak	203
	C.- Problemak	226
XI.-	DISOLBAGARRITASUNA	
	A.- Galderak	233
	B.- Problema ebatziak	235
	C.- Problemak	250
XII.-	OXIDAZIO-ERREDUKZIO OREKA	
	A.- Galderak	257
	B.- Problema ebatziak	263
	C.- Problemak	275
	TAULAK	281
	EMAITZAK	311

Hitzaurrea

KIMIKAKO PROBLEMAK liburua agertu eta agortu zenetik urteak dira jadanik, eta usadioak adierazi du liburuaren premia. Pozgarria da bai egileentzat bai argitaratzaileentzat. Eta dirudienez, premia hori areagotu egin da, eta horrek bultzatuta liburuaren bigarren edizioa prestatzera eraman gaitu.

Edizio hau berria da, ez berrargitarapen hutsa. Besteak beste, problemak berridatzi egin dira, taulak eguneratu egin dira, eta emaitzak birlandu egin dira. Hemen ere, ahaleginak egin dira okerrak minimizatzeko. Bestalde, azken urte gutxitan edizio-prozesuetan garatutako aurrerapenak liburuaren beraren itxura zeharo eraberritu du, hoberako espero delarik.

Liburuaren egitura, lehen edizioaren beretsua da, aldaketa txiki batzurekin. Helburuei buruz, han esandakoak hemen ere balio du, hots, Euskal Herriko Unibertsitateko Zientzi Fakultateko lehen ikasturteko Kimika Orokorreko programarekin oso lotuta dagoela liburu hau, baina beste ikastegi eta irakaskuntzetan erabilgarria izango delakoaren esperantzan gaude.

Edizio honetan problemak ebazteko behar diren datuak tauletan ematen dira, beharrezko delarik tauletako datuak erabiltzea problemak ebatzi ahal izateko. Horrela, taulen erabilmendua bultzatu egiten da, hori delarik lan zientifikoaren ohitura nagusienetarikoa, ikasleek eskuratu behar dutena.

Halaber, taulen ondoren, problemen emaitzak aurkitzen dira, mota honetako lana egiterakoan emaitzak edukitzeak asko laguntzen baitu.

Liburua ateratzen lagundu duten guztiak eskertu egin behar ditugu, eta batez ere Udako Euskal Unibertsitateko langileak, beraiei esker liburu hau hain dotore, txukun eta akats-eskas atera baita. Halaber, zuzenean parte hartu ez badute ere, zeharka parte hartu duten ikasleak ere eskertu behar ditugu.

Egileak

(3. argitarapenari egindako hitzaurrea)

Euskaraz ateratzen diren liburuetatik gure KIMIKAKO PROBLEMAK den honek hirugarren argitarapena lortu du. Hau egiterakoan, berriztapen batzuk egin dira, bai teknikoak (azken urte gutxiek liburugintzan garapen handiak ikusi dituzte), bai euskararen aldetik (Euskaltzaindiaren azken arauak sartuz), eta bai edukien aldetik. Egitura eta problema gehienak berdin mantendu diren arren, asko berregin egin dira, egon zitezkeen hutsak zuzentzeko eta datu eguneratuak sartzeko. Halaber, taula berri bat sartu da, ikaslearen lana errazteko.

Besterik ez. Aurreko argitarapenean jarritako hitzaurrean esandakoak, dauden horretan manten daitezke.

Egileak

Formulazioa

1.- Zein da ondoko formula hauetatik ondo ez dagoena? Ondo dauden konposatuen izenak eman, bai funtzionala eta bai sistematikoa.

- a.- $\text{H}_4\text{As}_2\text{O}_7$
- b.- H_2As
- c.- H_3AsO_4
- d.- HAsO_3

2.- Zein da ioi tetraamindiklorokromo(III) delakoaren formula?

- a.- $\left[\text{CrCl}_2(\text{NH}_3)_4\right]^+$
- b.- $\left[\text{CrCl}_2(\text{NH}_3)_4\right]^{3+}$
- c.- $\left[\text{Cr}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2\right]$
- d.- $\left[\text{CrCl}_2(\text{NH}_3)_4\right]^{2-}$

3.- Zein da anhidrido hauetatik posible **ez** dena? Zergatik? Esan besteen izenak, bai funtzionala eta bai sistematikoa.

- a.- Br_2O_3
- b.- Br_2O
- c.- Br_2O_5
- d.- BrO_3

4.- Zein da hidrogenoaren konposatu binario hauetatik existitzen ez dena? Zergatik? Esan besteen izenak, bai funtzionala eta bai sistematikoa.

- a.- BaH_2
- b.- NH_3
- c.- SiH_2
- d.- CH_4

5.- Zein da amonio karbonatoari dagokion formula?

- a.- $K_2Al(CO_3)_2$
- b.- $(NH_4)_2CO_3$
- c.- $(NH_4)_2C$
- d.- $(NH_3)_2CO_3$

6.- Zein da sulfato bikoitz hauetatik erreala dena? Zergatik ez dute besteek existitzen?

- a.- $KAl(SO_4)_2$
- b.- $K_2Al(SO_4)_2$
- c.- $AlK(SO_4)$
- d.- $K_2Al(SO_4)$

7.- Zein da kromo(III) oxidoaren formula?

- a.- Cr_2O_3
- b.- Cr_2O_6
- c.- CrO_3
- d.- O_3Cr

8.- Zeini dagokio H_3PO_4 delako formula?

- a.- Azido metafosforiko
- b.- Azido hipofosforiko
- c.- Azido pirofosforiko
- d.- Azido ortofosforiko

9.- Zein da ondoko formula hauetatik ondo **ez** dagoena? Zergatik? Ondo dauden formulei, dagozkien konposatuen izenak eman, funtzionala eta sistematikoa.

- a.- Hg_2Cl_2
- b.- CuO
- c.- $HgCl_2$
- d.- Zn_2O

- 10.- Zein formulari dagokio sodio hidrogenosulfuro izeneko konposatua?
- a.- NaHS
 - b.- Na₂S
 - c.- NaHSO₄
 - d.- Na₂SO₄
- 11.- Beheko zilar-konposatuen formulen artean, zein dagokio existitzen den konposatu bati?
- a.- AgNO₃
 - b.- Ag₂I
 - c.- Ag₃SO₄
 - d.- AgO₂
- 12.- Zein da ondoko formula hauetatik, burdina(III) perklorato izeneko konposatuari dagokiona?
- a.- Fe₂(ClO₄)₃
 - b.- FeCl₂O₇
 - c.- Fe(ClO₄)₃
 - d.- Fe(ClO₃)₃
- 13.- Zer esan nahi du 2 O₃ espresioak?
- a.- Oxigenozko hiru molekula diatomiko
 - b.- Oxigenozko bi molekula triatomiko
 - c.- Oxigenozko bost atomo, bi molekula osotuz
 - d.- Oxigenozko sei molekula, hauek diatomikoak direlarik
- 14.- Zein da azetona (propanona) izeneko konposatuari dagokion formula?
- a.- CH₃-CH₂-CHO
 - b.- CH₃-CO-CH₃
 - c.- CH₃-CO-CH₂-CH₃
 - d.- CH₃-CH₂-CH₂OH

Beste formulei dagozkien konposatuen izenak jarri.

15.- Zein da azido azetikoaren formula?

- a.- $\text{CH}_3\text{-COOH}$
- b.- COOH-COOH
- c.- $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH}$
- d.- HCOOH

Beste formulei dagozkien konposatuen izenak jarri.

16.- Zein da $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ formulari dagokion konposatuaren izena?

- a.- Burdina(II) hexazianotetrapotasio
- b.- Potasio hexazianoferrato(II)
- c.- Tetrapotasio hexazianoferrato(III)
- d.- Potasio zianoburdina

17.- Zein da metil amina izeneko konposatuari dagokion formula?

- a.- $\text{CH}_3\text{-CN}$
- b.- $\text{CH}_3\text{-CONH}_2$
- c.- CH_3NH_2
- d.- $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{NH}_2$

Beste formulei dagozkien konposatuen izenak jarri.

18.- Zein da $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ formulari dagokion konposatuaren izena?

- a.- Kobre(II) pentaqua sulfato
- b.- Kobre(II) sulfato pentahidrato
- c.- Kobre(II) sulfato bostur
- d.- Horrelako konposaturik ez dago

19.- Zein da K_2SO_3 formulari **ez** dagokion izena?

- a.- Potasio trioxosulfato(IV)
- b.- Potasio sulfito
- c.- Potasio sulfato(IV)
- d.- Potasio sulfato

20.- Zein da burdina(II) hidrogenosulfato izeneko konposatuaren formula?

- a.- $\text{Fe}(\text{HSO}_4)_3$
- b.- FeSO_4
- c.- $\text{Fe}(\text{HSO}_4)_2$
- d.- FeHSO_4

21.- Zein da tetraaminkobre(II) sulfato izeneko konposatuari dagokion formula?

- a.- $\text{SO}_4[(\text{NH}_3)_4\text{Cu}]$
- b.- $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$
- c.- $[(\text{SO}_4)(\text{NH}_3)_4]\text{Cu}$
- d.- $[\text{CuSO}_4](\text{NH}_3)_4$

22.- Zein da $\text{CH}_3\text{--COO--CH}_3$ formulari dagokion konposatuaren izena?

- a.- Metil etanoato (metil azetato)
- b.- Etil metanoato
- c.- Propanona (azetona)
- d.- 2-propanol (isopropanol)

23.- Zein da manganesoaren oxidazio-zenbakia, $\text{K}_2[\text{MnCl}_5]$ formula duen konposatuan?

- a.- +7
- b.- +2
- c.- +3
- d.- +6

24.- Zein da merkurio(I) kromato izeneko konposatuari dagokion formula?

- a.- HgCrO_4
- b.- Hg_2CrO_3
- c.- $\text{Hg}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
- d.- Hg_2CrO_4

25.- Zein da kaltzio-potasio fosfato bikoitza izeneko konposatuaren formula?

- a.- CaKPO_4
- b.- $\text{Ca}_2\text{K}(\text{PO}_4)_3$
- c.- $\text{CaK}(\text{PO}_3)$
- d.- $(\text{CaHPO}_4)(\text{KH}_2\text{PO}_4)$

I. Estekiometria

OHARRA.- Gai honen galderak eta problemak egiteko, tauletan agertzen diren datuak erabili behar dira.

A.- GALDERAK

I.A.1.- 0,2 molar den disoluzio batek, solutuaren 0,2 mol ditu

- a.- 1000 g disoluziotan
- b.- 1000 g disolbatzailetan
- c.- 1000 cm³ disoluziotan
- d.- 1000 cm³ disolbatzailetan
- e.- 1 mol disolbatzailetan

I.A.2.- Ondoko baieztapena zuzena den ala ez erabaki: "Glizerinatan (CH₂OH-CHOH-CH₂OH) 0,01 M den disoluzio baten 1 cm³-tan, eta ureatan [OC(NH₂)₂] 0,01 M den disoluzio baten 1 cm³-tan, solutuaren mol-kopuru berdinak daude".

I.A.3.- Pisutan %10 den azido azetikoeko ur-disoluzio baten dentsitatea, 20°C-tan, 1,013 g/ml-koa da. Molaritatea eta molalitatea ondoko hauek izango dira:

- | | | |
|-----|----------|----------|
| a.- | M = 1,69 | m = 1,85 |
| b.- | M = 1,59 | m = 1,69 |
| c.- | M = 1,69 | m = 1,99 |
| d.- | M = 1,56 | m = 1,55 |

I.A.4.- Disoluzio likidoetan, zein kontzentrazio-adierazpidek ez du tenperaturaz dependitzen?

- a.- Normalitateak
- b.- Molalitateak
- c.- Molaritateak
- d.- Ehunekobestea bolumenetan
- e.- Goikoetatik batek ere ez du tenperaturaz dependitzen

I.A.5.- Bromato ioiaren transformazioa, bromuroa emateko

- a.- Oxidazio-prozesu bat da
- b.- Erredukzio-prozesu bat da
- c.- Eliminazio-prozesu bat da
- d.- Protoi-transferezentziazko prozesu bat da

I.A.6.- Permanganato ioiak oxidatzaile moduan parte hartzen duenean, Mn^{2+} -ra pasatuz, zenbat elektroioi trukutzen dira?

- a.- $4 e^-$
- b.- $5 e^-$
- c.- $6 e^-$
- d.- $3 e^-$
- e.- $8 e^-$

I.A.7.- Cr^{3+} -zko disoluzio alkalino bati ur oxigenatua gehitzerakoan, kolore-aldaketa bat behatzen da, berdetik (Cr^{3+} -aren ezaugarria dena) horira (Cr^{6+} -aren ezaugarria dena). Erdierreakzio hauetatik zeinek adierazten du kolore-aldaketa hori?

- a.- $\text{Cr}(\text{OH})_4^- + 2\text{H}^+ - 3e^- \rightarrow \text{CrO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
- b.- $\text{Cr}^{+3} + 8\text{OH}^- - 3e^- \rightarrow \text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}$
- c.- $\text{CrO}_4^{2-} + 2e^- \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{OH}^-$
- d.- $\text{Cr}(\text{OH})_3 + 4\text{OH}^- - 3e^- \rightarrow \text{CrO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

I.A.8.- Zein da kromo-atomoaren oxidazio-zenbakia $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ formula duen konposatuan?

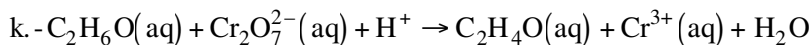
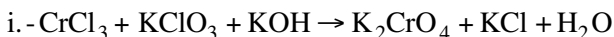
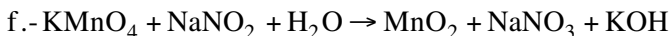
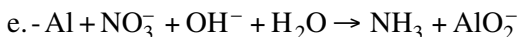
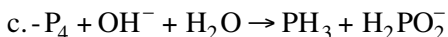
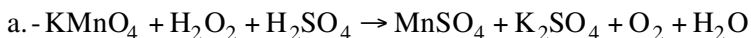
- a.- +2
- b.- +3
- c.- +6
- d.- -2
- e.- -3

I.A.9.- Ondoko erreakzio hau doi ezazu



I.A.10.- Kromo(III)-a, sulfato gisan dagoena, kromatotan transformatzen da, aldi berean kloratoa klorurotan transformatzen delarik, inguru alkalinotan. Ekuazioa idatzi eta doitu, ioi-elektroi izeneko metodoa erabiliz.

I.A.11.- Ioi-elektroi metodoa erabiliz, ondoko erreakzioak doi itzazu.



I.A.12.- Zer esan nahi du bario sulfuroaren pisu molekularra 169,4 dela?

Bario sulfuro molekula batek

a.- Hidrogeno-atomo batek pisatzen duena baino 169,4 aldiz gehiago pisatzen duela.

b.- 169,4 g pisatzen duela.

c.- Hidrogeno-molekula batek pisatzen duena baino 169,4 aldiz gehiago pisatzen duela.

d.- Hidrogeno-atomo batek pisatzen duena baino, 1/169,4 aldiz gehiago pisatzen duela.

I.A.13.- Zein da ondoko baieztapenetatik zuzena **ez** dena?

a.- 36,5 g hidrogeno klorurok, 22,4 l betetzen dituzte, baldintza normaletan.

b.- 32 g oxigenok, 1 mol oxigeno egiten dute.

c.- 98 g azido sulfurikok, 1 molekula-gramo azido sulfuriko egiten dute.

d.- 1 mol azido sulfurikok, baldintza normaletan, 22,4 l betetzen ditu.

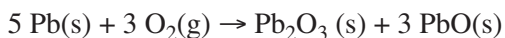
I.A.14.- Ondoko baieztapen hauetatik, zein edo zeintzuk daude oker.

- a.- Pisu molekularra, Avogadro-ren zenbakiaren bezainbesteko molekulen pisua da, gramotan.
- b.- 1 mol oxigenok, Avogadro-ren zenbakiaren bikoitzaren bezainbeste oxigeno-molekula ditu.
- c.- Baldintza normaletan neurtutako 22,4 l anhidrido karbonikotan dagoen atomo-kopurura, 22,4 l oxido nitrikotan dagoen atomo-kopuruaren berdina da.
- d.- Mol erdi azido oxalikotan (azido etanodioiko) dagoen karbono-atomoen kopurua, Avogadro-ren zenbakiaren bezainbestekoa da.

I.A.15.- Zeintzuk dira titanioaren eta oxigenoaren pisu-portzentaiak titanio(IV) oxidoan?

- a.- %39,95 Ti eta %60,05 O
- b.- %72,15 Ti eta %27,85 O
- c.- %60,0 Ti eta %40,0 O
- d.- %20,0 Ti eta %80,0 O

I.A.16.- Zenbat mol berun behar dira 16 g oxigenorekin zeharo erreakzionatzeko ondoko erreakzioaren arabera?



- a.- 0,833 mol
- b.- 1,667 mol
- c.- 0,300 mol
- d.- 0,600 mol

I.A.17.- A-ren bi molekulek, B-ren 1 molekularekin erreakzionatzen dute, C-ren 2 molekula emanik. Substantziok gasak direla jakinik, A-ren 1 litro erreakzionatzerakoan zera lortuko da:

- a.- B-ren 2 molekula
- b.- C-ren 3 molekula
- c.- C-ren 1 litro
- d.- C-ren 2 litro

I.A.18.- Demagun $\text{H}_2\text{(g)} + \text{Cl}_2\text{(g)} \rightarrow 2 \text{ HCl(g)}$ erreakzioa. 1 gramo hidrogeno eta 5 gramo kloro nahasten direnean, zein elementu egongo da soberan, erreakzioa osoa dela suposatuz?

- a.- Hidrogenoa
- b.- Kloroa
- c.- Hidrogenoa eta kloroa, biak
- d.- Bat ere ez da soberan egongo

I.A.19.- Formula enpirikoa eta formula molekularra bat dira

- a.- Beti
- b.- Inoiz ere ez
- c.- Batzutan
- d.- Konposatu organikoetan bakarrik

I.A.20.- Konposatu baten elementuen pisu-portzentaiak, formula enpirikotik eta formula molekularretik kalkulatu, bat egiten dira

- a.- Beti
- b.- Inoiz ere ez
- c.- Batzutan
- d.- Formula biak bat egiten direnean bakarrik

I.A.21.- Nikotinaren analisi batek erresultatu hau eman zuen: C: %74,01; H: %8,72; eta N: %17,27. Zein da nikotinaren formula enpirikoa?

- a.- C_5H_7N
- b.- C_7H_8N
- c.- C_6H_7N
- d.- $C_{10}H_{14}N$

I.A.22.- 0,400 mol H_2S -tan

- a.- Zenbat atomo-gramo daude?
- b.- Zenbat gramo daude?
- c.- Zenbat gramo sufre eta zenbat gramo hidrogeno?
- d.- Zenbat molekula daude?
- e.- Zenbat hidrogeno-atomo eta zenbat sufre-atomo?

I.A.23.- Ondoko baieztapenak arrazonatu, zuzenak ala okerrak diren esanez.

- a.- Pisu berdineko A eta B elementuen lagin bana badaukagu, atomo-kopuru berdina edukiko dute.
- b.- Elementu baten masa atomikoa, atomo baten masa, gramotan, da.
- c.- 23 gramo sodiok, 16 gramo oxigenok bezainbeste atomo dituzte.

- d.- 5 gramo oxigenotan dagoen atomo-kopurura, 10 gramo oxigenotan dagoen molekula-kopururaren berdina da.
- e.- Burdina(II) sulfuroaren formula FeS denez, FeS-aren edozein pisutan sufreakaren eta burdinaren pisuak berdinak dira.

I.A.24.- Amoniakoak eta oxigenoak elkarrekin erreakzionatzen dute, ondoko erreakzioaren (ez doitua) arabera:



Baldin 1 mol amoniako eta 1 mol oxigenorekin hasten bada erreakzioa,

- a.- Erreakzioa bukatzen denean, oxigeno guztia agortu egin da
- b.- Erreakzioa bukatzen denean, amoniako guztia agortu egin da
- c.- Erreakzioa bukatzen denean, ur-kopurua 1,5 molekua da
- d.- Erreakzioa bukatzen denean, NO-kopurua 4,0 molekua da
- e.- Goikoetatik, bat ere ez da zuzena

I.A.25.- Boroa lortzeko erabiltzen diren mineral nagusienak, kernita ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) eta boraxa ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) dira. Zein mineralek ematen du boro gehien kilo bakoitzeko?

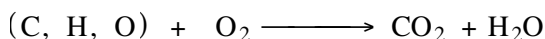
- a.- Kernitak
- b.- Boraxak
- c.- Biek berdin

B.- PROBLEMA EBATZIAK

I.B.1.- Konbustio-hodi batean, karbonoz, hidrogenoz eta oxigenoz osotutako konposatu baten 0,580 g erretzen dira, 1,274 g anhidrido karboniko eta 0,696 g ur lortzen direlarik. Beste aldetik, Victor Mayer aparatu batean, konposatu berdineko 0,705 g bolatilizatzerakoan, 295 cm³ aire deslektzen dira, 28°C-tan eta 767 mm Hg-tan neurtuak. Tenperatura horretan, uraren bapore-presioa 28,3 mm Hg-koa da. Determinatu konposatu horren formula molekularra.

Ebazpena

Konposatua C-z, O-z eta H-z osotuta dago. Orduan, erretzerakoan, oxigenoa gastatzen dela kontutan hartuz, benetako erreakzioa hau izango da:



Orain, formula enpirikoa determinatuko da lehendabizi; horretarako, konposatuan zenbat C, H eta O dagoen ikusi beharko da. Lehen, C-a eta H-a determinatuko dira, eta diferentziaz, oxigenoa.

Pisu atomikoak tauletan begiratzuz, 1 mol CO₂ = 44,009 g, eta 1 mol C = 12,011 g

1 mol CO ₂	—————	1 mol C
44,009 g CO ₂	—————	12,011 g C
1,274 g CO ₂	—————	x g C

x = 0,348 g C egongo dira konposatuaren 0,580 g-tan.

Era berdinean, pisu atomikoak tauletan begiratzuz, 1 mol H₂O = 18,015 g, eta 1 mol H = 1,008 g.

18,015 g H ₂ O	—————	2,016 g H
0,696 g H ₂ O	—————	x g H

x = 0,078 g H egongo dira konposatuaren 0,580 g-tan.

Beraz, 0,580 g-tan dagoen enparatua oxigenoa izango da, zeren erreakzio kimiko batean masa kontserbatu egin behar baita.

$$0,580 \text{ g} - (0,078 + 0,348) \text{ g} = 0,154 \text{ g O}$$

Formula enpirikoa determinatzeko, mol-kopurua determinatuko da.

$$\frac{0,348 \text{ g H}}{12,011} = 0,0290 \text{ mol C}$$

$$\frac{0,078 \text{ g H}}{1,008} = 0,0774 \text{ mol H}$$

$$\frac{0,154 \text{ g O}}{15,999} = 0,0096 \text{ mol O}$$

Orain, ikus dezagun O bat balego, zenbat C eta zenbat H leudekeen:

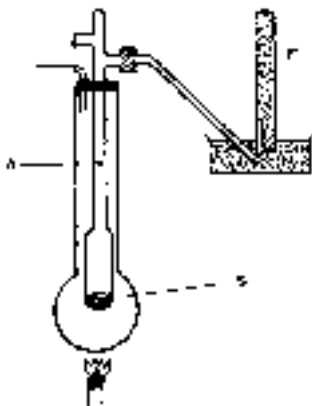
$$\frac{0,0096}{0,0096} = 1 \text{ mol oxigeno}$$

$$\frac{0,0290}{0,0096} = 3,02 \text{ mol karbono} \approx 3 \text{ mol karbono}$$

$$\frac{0,0774}{0,0096} = 8,06 \text{ mol hidrogeno} \approx 8 \text{ mol hidrogeno}$$

Formula enpirikoa, $(\text{C}_3\text{H}_8\text{O})_n$

Formula molekularra jakiteko, masa molekularra jakin behar da. Horretarako, Victor Mayer-en aparatua erabiltzen da:



S substantziak, bolatilizatzerakoan, A hodian dagoen airea deslektzen du, eta urez beteta dagoen F kanpaira ateratzen da; honela deslektututako bolumena neur daiteke, eta aire-bolumena izango da substantziaren bolumenaren berdina.

F kanpaiko presioa hau izango da:

$$p_T = p_{H_2O} \text{ (bapore-presioa) } + p_{\text{aire}}$$

$$\begin{aligned} p_{\text{aire}} &= p_T - p_{H_2O} = 767 \text{ mm Hg} - 28,3 \text{ mm Hg} \\ &= 738,7 \text{ mm Hg} \end{aligned}$$

Gas idealaren moduan konportatzen bada, $pV = nRT$

$$\begin{aligned} \frac{738,7 \text{ mm Hg}}{760 \text{ mm Hg/atm}} \cdot \frac{295 \text{ cm}^3}{1000 \text{ cm}^3/\text{l}} &= \\ &= \frac{0,705 \text{ g}}{M} \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{l}}{\text{mol} \cdot \text{K}} (273,15 + 28) \text{ K} \end{aligned}$$

$$M = 60,7 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

n determinatzeko,

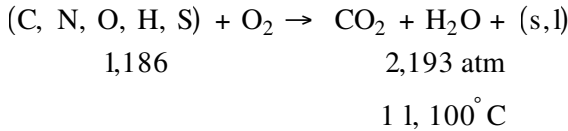
$$\begin{aligned} 60,7 &= (3 \cdot 12,011 + 8 \cdot 1,008 + 1 \cdot 15,999) \cdot n \\ &= 60,096 \cdot n \\ n &= 1 \end{aligned}$$

Emaitza: C_3H_8O . Konposatua, $CH_3-CH_2-CH_2OH$ (1-propanol) edo $CH_3-CHOH-CH_3$ (2-propanol) zein $CH_3-O-C_2H_5$ (etilmetil eter) izan daiteke.

I.B.2.- Substantzia organiko ezezagun bat, karbonoz, hidrogenoz, oxigenoz, nitrogenoz eta sufrez osotuta dago. 1 l-ko ganbara batean eta 100°C -tan, 1,186 g erretzen direnean, gas moduan bakarrik anhidrido karbonikoa eta ura lortzen dira, presio totala 2,193 atm izanik. Nahastura hau 0°C -raino hozten denean, ura kondentsatuz, presioa 1,014 atm-ra jaisten da. Substantziaren sufrea azido sulfurikora oxidatzen da, eta bario-gatz batekin prezipitaratzen da. Honela, 0,635 g substantziak 0,943 g $BaSO_4$ ematen dituzte. Substantzian dagoen nitrogenoa azido sulfuriko kontzentratuaz amoniakora pasaratzen da. Honela, 3,832 g substantziak, 0,415 g amoniako ematen dituzte. Substantziaren masa molarra gutxi gorabehera $159 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ dela jakinik, determinatu substantziaren formula molekularra.

Ebazpena:

Lehendabizi, erlatiboki zenbat C, H, O, N eta S dagoen ikusi behar da, molekula bakoitzean, hots, formula enpirikoa determinatu behar da:



Bolumena 1 l izango da, solidoaren eta likidoaren bolumenak arbuaiatuz.

Ura kondentsatu ondoren presioa 1,014 atm bada, hau, CO₂-ak egiten duen presioa izango da. Orduan, gas idealaren moduan kontsideratuz,

$$\begin{aligned}
 p_{\text{CO}_2} \cdot V &= n_{\text{CO}_2} \cdot R \cdot T; \quad n_{\text{CO}_2} = \frac{1,014 \text{ atm} \cdot 1 \text{ l}}{0,082 \text{ atm} \cdot \text{l} / (\text{mol} \cdot \text{K}) \cdot 273,15 \text{ K}} \\
 &= 0,0453 \text{ mol CO}_2
 \end{aligned}$$

Ur-molak determinatzeko hau egin daiteke:

$$p_T = p_{\text{CO}_2} + p_{\text{H}_2\text{O}} = 2,193 \text{ atm, } 100^\circ \text{ C -tan eta } 1 \text{ l -tan}$$

Orduan,

$$\begin{aligned}
 p_T \cdot V &= n_T \cdot R \cdot T; \quad n_T = n_{\text{H}_2\text{O}} + n_{\text{CO}_2} = \frac{2,193 \text{ atm} \cdot 1 \text{ l}}{0,082 \text{ atm} \cdot \text{l} / (\text{mol} \cdot \text{K}) \cdot 373,15 \text{ K}} \\
 &= 0,0717 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

$$\text{eta } n_{\text{H}_2\text{O}} = 0,0264 \text{ mol H}_2\text{O}$$

Orain, konposatuan agertzen diren C-aren eta H-aren ehunekobesteak determinatu ahal ditugu:

$$0,0453 \text{ mol CO}_2 = 0,0453 \text{ mol} \cdot 44,009 \text{ g/mol} = 1,994 \text{ g CO}_2$$

$$0,0264 \text{ mol H}_2\text{O} = 0,0264 \text{ mol} \cdot 18,015 \text{ g/mol} = 0,476 \text{ g H}_2\text{O}$$

C eta H kantitateak determinatzeko

$$\left. \begin{array}{rcl}
 44,009 \text{ g CO}_2 & \text{—} & 12,011 \text{ g C} \\
 1,994 \text{ g CO}_2 & \text{—} & x \end{array} \right\} x = 0,544 \text{ g C}$$

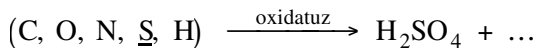
$$\left. \begin{array}{rcl}
 18,015 \text{ g H}_2\text{O} & \text{—} & 2,016 \text{ g H} \\
 0,476 \text{ g H}_2\text{O} & \text{—} & x \text{ g H} \end{array} \right\} x = 0,0533 \text{ g H}$$

eta ehunekobestetan

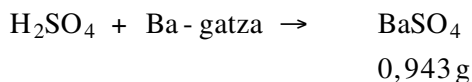
$$\text{C: } \frac{0,544}{1,186} \cdot 100 = \%45,87 \text{ C}$$

$$\text{H: } \frac{0,0533}{1,186} \cdot 100 = \%4,49 \text{ H}$$

Sufrearen ehunekobestea determinatzeko zera egiten dugu,



0,635g



$$\left. \begin{array}{l} \text{BaSO}_4 (1 \text{ mol} = 233,389 \text{ g}) \text{ ————— } \text{S} (1 \text{ mol} = 32,066 \text{ g}) \\ 0,943 \text{ g} \text{ ————— } x \end{array} \right\} x = 0,130 \text{ g S}$$

Hots, substantziaren 0,635 g-tan, 0,130 g S daude. Orduan,

$$\text{S: } \frac{0,130}{0,635} \cdot 100 = \%20,47 \text{ S}$$

Nitrogenoaren ehunekobestea determinatzeko, geratzen den informazioa erabiliko da.



3,832 g

0,415 g

eta ehunekobestea determinatzeko:

$$\left. \begin{array}{l} (1 \text{ mol NH}_3) 17,031 \text{ g NH}_3 \text{ ————— } (1 \text{ mol N}) 14,007 \text{ g} \\ 0,415 \text{ g} \text{ ————— } x \end{array} \right\} x = 0,341 \text{ g N}$$

$$\text{N} \frac{0,341}{3,832} \cdot 100 = \%8,90 \text{ N}$$

Laburkiro, substantziaren analisi elementala hau da:

C: %45,87 H: %4,49 S: %20,47 N: %8,90

Oxigenoaren ehunekobestea diferentziaz determinatzen da:

$$100 - (45,87 + 4,49 + 20,47 + 8,90) = \%20,27 \text{ oxigeno}$$

Eta ehunekobesteekin formula enpirikoa determina daiteke:

$$\frac{4,49}{1,008} = 4,45 \text{ mol H} \quad \frac{4,45}{0,635} = 7,01 \approx \underline{7 \text{ H}}$$

$$\frac{20,47}{32,066} = 0,638 \text{ mol S} \quad \frac{0,638}{0,635} = 1,00 \rightarrow \underline{1 \text{ S}}$$

$$\frac{8,90}{14,007} = 0,635 \text{ mol N} \quad \frac{0,635}{0,635} = 1 \rightarrow \underline{1 \text{ N}}$$

$$\frac{20,27}{15,999} = 1,267 \text{ mol O} \quad \frac{1,267}{0,635} = 2,0 \approx \underline{2 \text{ O}}$$

$$\frac{45,87}{12,011} = 3,82 \text{ mol C} \quad \frac{3,82}{0,635} = 6,02 \approx \underline{6 \text{ C}}$$

Formula enpirikoa: $\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2\text{NS}$

Eta formula molekularra hau izango da: $(\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2\text{NS})_n$, n-a determinatzeko, masa molekularra erabiliko da.

$$(6 \cdot 12,011 + 7 \cdot 1,008 + 2 \cdot 15,999 + 1 \cdot 14,007 + 1 \cdot 32,066) \cdot n =$$

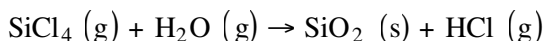
$$= 157,2 \cdot n \approx 159$$

Beraz, $n = 1$

Honela, kasu honetan, formula molekularra = formula enpirikoa

Eraitza: $\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2\text{NS}$

I.B.3.- Temperatura altuetan, silizio tetrakloruro gasak, ur gaseosoarekin erreakzionatzen du, ondoko erreakzioaren arauera:

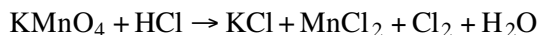


62 l-ko ganbara batean, 100°C -tan silizio tetrakloruro gasa sartzen da, bere presioa 190 mm Hg izan arte; geroaro, 300°C -ra berotzen da, eta ur-kantitate batekin erreakzionarazten da, behar den ur-kantitatearekin, hain zuzen.

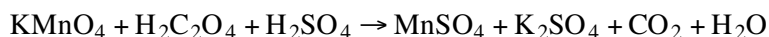
a.- Behar den ur-kantitatea determinatu.

b.- Determinatu zein den ur-bolumena 300°C -tan eta 723 mm Hg-tan.

c.- Lortzen den hidrogeno kloruroarekin, litro bat azido klorhidriko prestazen da. Disoluzio hau, potasio permanganatorekin erreakzionarazi egiten da, honela kloro-gasa askatuz, ondoko erreakzioaren arabera:



Potasio permanganatozko disoluzioaren 10 ml, azido oxalikotan (etanodioiko) 2 N den 5 ml-ko disoluzio batekin, ondoko erreakzioaren arabera, dekoloratzen direla jakinez,



Kalkulatu, azido guztia erreakzionatzeko hartu beharko litzatekeen potasio permanganatozko disoluzioaren bolumena.

d.- Determinatu sortzen den kloro-gasaren bolumena, baldintza normaletan.

Ebazpena:

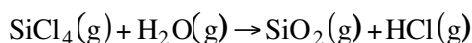
a.-Lehendabizi, determina dezagun zenbat mol SiCl_4 dauden. Horretarako, gas idealaren moduan konportatzen dela suposatuz,

$$p_{\text{SiCl}_4} \cdot V = n_{\text{SiCl}_4} \cdot R \cdot T$$

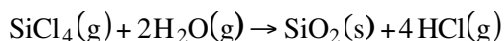
$$n_{\text{SiCl}_4} = \frac{\frac{190}{760} \text{ atm} \cdot 62 \text{ l}}{0,082 \text{ atm} \cdot \text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 373,15 \text{ K}}$$

$$= 0,5066 \text{ mol SiCl}_4$$

Orain, mol horiekin erreakzionatzeko zenbat mol ur behar diren jakin behar da. Horretarako, erreakzioa ajustatu behar da. Erreakzioa hau da:



Erreakzioa oxidazio-erredukziozko ekuazioa ez denez, begiz ajusta daiteke, eta honela geratuko da:



Beraz, 1 mol SiCl_4 zeharo erreakzionatzeko, 2 mol $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ behar dira, eta 0,5066 molerekin erreakzionatzeko:

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \cdot 0,5066 \text{ mol} = 1,0132 \text{ mol ur}$$

Eta ur-kantitatea,

$$1,0132 \text{ mol ur} \cdot 18,015 \text{ g/mol} = 18,25 \text{ g ur}$$

a emaitza: 18,25 g ur

b.-Ura gas idealaren moduan konportatzen bada,

$$p_{\text{H}_2\text{O}} \cdot V = n_{\text{H}_2\text{O}} \cdot R \cdot T$$

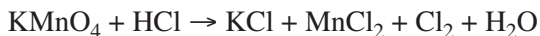
$$V = \frac{1,0132 \text{ mol} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot 1 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 573,15 \text{ K}}{(723/760) \text{ atm}} = 50,06 \text{ l}$$

b emaitza: 50,06 l ur

c.- Zenbat $\text{HCl}(\text{g})$ lortu den honela determinatu ahal da. 1 mol SiCl_4 erabiliz:

$$n_{\text{HCl}} = 4 \cdot 0,5066 \text{ mol} = 2,0264 \text{ mol}$$

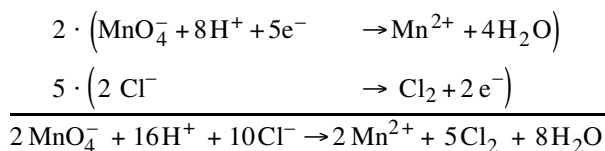
eta orain jakin behar da zenbat mol KMnO_4 behar diren HCl -aren mol guztiekin erreakzionatzeko. Horretarako, beraien arteko erreakzioa doitu behar da. Erreakzioa hau denez,



oxidazio-erredukziozko ekuazioa da:



Doiketa egiteko ioi-elektroi delako metodoa erabiliz:



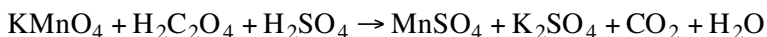
Eta erreakzioa honela geratuko da doitu ondoren



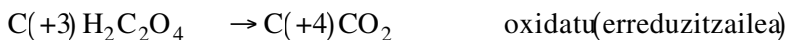
Hemendik zera ateratzen da, 16 mol HCl-rekin zeharo erreakzionatzeko, 2 mol KMnO_4 behar direla, beraz, 2,0264 molerekin erreakzionatzeko:

$$n_{\text{KMnO}_4} = \frac{2,0264 \cdot 2}{16} = 0,253 \text{ mol } \text{KMnO}_4$$

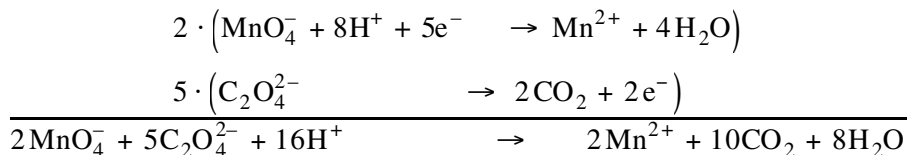
Orain, ze bolumen-disoluzio hartu behar den jakiteko, KMnO_4 -zko disoluzioaren kontzentrazioa determinatu behar da. Horretarako, jakin behar da KMnO_4 -zko 10 ml-rekin zenbat mol $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ erreakzionatzen duten. Horretarako, hauen arteko erreakzioa adjustatu egin beharko da. Erreakzioa hau da:



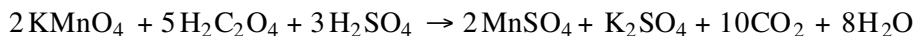
Erreakzio hau ere oxidazio-erredukziozko erreakzio bat izango da zeren elektro-trukaketak baitaude:



Ioi-elektroiaren metodoa erabiliz doi daiteke:



Erreakzio doitua hau izango da:



Hemendik zera agertzen da, 5 mol $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ edukiz, 2 mol KMnO_4 behar direla zeharo erreakzionatzeko. Determina dezagun KMnO_4 -zko 10 ml-tako disoluzioarekin erreakzionatzen duten $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ -zko molak.

$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ -tan 2 N den 5 ml disoluzioan zenbat mol dauden determina dezagun:

$$\text{Normalitatea} = \frac{\text{baliokide-kopurua}}{\text{litro disoluzio}}$$

$$\text{baliokide-kopurua} = 2 \frac{\text{baliokide}}{1} (5 \cdot 10^{-3}) = 10^{-2} \text{ baliokide}$$

Oxidazio-erredukziozko erreakzioa denez, eta $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ -ak 2 elektroi transferitzen dituenenez,

$$\text{mol-kopurua} = \frac{\text{baliokide-kopurua}}{2} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol } \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$$

Beraz, 10 ml-tan egongo diren KMnO_4 -zko molak hauek dira:

$$n_{\text{KMnO}_4} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 2}{5} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol } \text{KMnO}_4$$

Eta kontzentrazioa hau izango da:

$$\text{molaritatea} = \frac{\text{mol-kopurua}}{\text{litro disol.}} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{10 \cdot 10^{-3} \text{ l}} = 0,2 \text{ M}$$

Disoluzioa, 0,2 M bada, 0,253 mol KMnO_4 hartzeko behar den bolumena hau da:

$$\text{disoluzio-bolumena} = \frac{0,253 \text{ mol}}{0,2 \text{ M}} = 1,27 \text{ l } \text{KMnO}_4 \text{ } 0,2 \text{ M}$$

c emaitza: $V = 1,27 \text{ l}$

d.-Kloro-bolumena determinatzeko, beti bezala, lehendabizi molak determinatu behar dira. Potasio permanganatoaren eta azido klorhidrikoaren arteko erreakzioa ikusiz, behatzen da nola 16 mol HCl erabiliz, 5 mol Cl_2 lortzen diren; beraz, 2,0264 mol erabiliz:

$$n_{\text{Cl}_2} = \frac{2,0264 \cdot 5}{16} = 0,6333 \text{ mol } \text{Cl}_2$$

Gas idealaren moduan konportatzen bada:

$$p_{\text{Cl}_2} \cdot V = n_{\text{Cl}_2} \cdot R \cdot T$$

Baldintza normalak: $T = 273,15 \text{ K}$ eta $p = 1 \text{ atm}$

$$V = \frac{0,6333 \text{ mol} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot 1 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 273,15 \text{ K}}{1 \text{ atm}} = 14,18 \text{ l } \text{Cl}_2$$

d emaitza: 14,18 l Cl_2

I.B.4.- Oxido nitrikoa ondoko prozesuaren bidez lor daiteke:



Potasio nitratozko 1 gramoko lagin batetik 37,5 ml oxido nitriko lortzen dira, uraren gainean bilduak, 25°C-tan eta 732 mm Hg-tan neurtuak. Kalkulatu:

- Hasierako lagineko potasio nitratoaren portzentaia
- Erreakzioan erabili behar den H_2SO_4 -aren bolumena, dentsitatea 1,80 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ eta purutasuna %90a direlarik, eta erreakzioan %15a galtzen dela jakinik.

Datuak: $\text{p}_{\text{H}_2\text{O}}$ (25°C) (bapore-presioa) 23,8 mm Hg.

Ebazpena:

- Erreakzioan parte hartu duten potasio nitratoaren molak determinatu behar dira; horretarako zenbat mol NO lortu diren ikusi behar da, eta erreakzioa doitu gero KNO_3 -aren mol-kopurua jakingo dugu.

NO-aren molak determinatzeko, kontutan hartu behar da uretan neurtuta daudela, eta urak bapore-presio bat duela. Orduan,

$$p_{\text{T}} = p_{\text{NO}} + p_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$p_{\text{NO}} = 732 \text{ mm Hg} - 23,8 \text{ mm Hg} = 708,2 \text{ mm Hg}$$

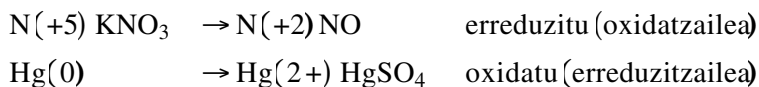
NO-a gas idealaren moduan kontsideratuz,

$$p_{\text{NO}} \cdot V = n_{\text{NO}} \cdot R \cdot T \rightarrow n_{\text{NO}} = \frac{(708,2/760) \text{ atm} \cdot (37,5 \cdot 10^{-3}) \text{ l}}{0,082 \text{ atm} \cdot \text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298,15 \text{ K}} = 1,43 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

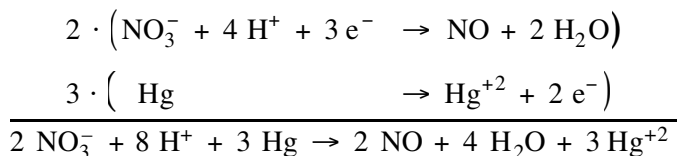
Orain, mol horiek lortzeko gastatu diren KNO_3 -aren molak determinatzeko, erreakzioa doitu beharko da.



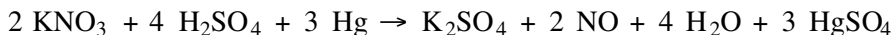
Oxidazio-erredukziozko erreakzio bat da:



Ioi-elektroi metodoa erabiliz:



Eta erreakzioa, doitu, honela geratzen da:



Ikusten denez, 2 mol NO lortzeko, 2 mol KNO_3 behar dira, beraz, $1,43 \cdot 10^{-3}$ mol NO lortzeko, $1,43 \cdot 10^{-3}$ mol KNO_3 beharko dira halaber.

1 gramoko muestran $1,43 \cdot 10^{-3}$ mol badaude, eta KNO_3 -aren pisu molekularra 101,102 izanik,

$$\begin{aligned} 1,43 \cdot 10^{-3} \text{ mol KNO}_3 &= 1,43 \cdot 10^{-3} \cdot 101,102 \text{ g KNO}_3 / \text{mol} = \\ &= 0,145 \text{ g egongo dira} \end{aligned}$$

Eta portzentaia, %14,5a izango da.

a emaitza: %14,5a

b.-Doitutako ekuazioan ikus daitekeenez, 2 mol NO lortzeko, 4 mol H_2SO_4 behar dira, beraz, $1,43 \cdot 10^{-3}$ mol NO lortzeko:

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 2 \cdot 1,43 \cdot 10^{-3} = 2,86 \cdot 10^{-3} \text{ mol H}_2\text{SO}_4$$

Baina erreakzioan %15a galtzen bada, 2 mol NO lortzeko azido sulfurikoaren %15 gehiago behar izango da:

$$\begin{aligned} n_{\text{H}_2\text{SO}_4} &= 2,86 \cdot 10^{-3} + \frac{15}{100} \cdot 2,86 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \\ &= 3,29 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \end{aligned}$$

Orain, disoluziotik ze bolumen hartu behar den determinatu behar da, mol horiek edukitzeko. Ikus dezagun lehendabizi zenbat gramo hartu behar diren, eta gero, dentsitatea jakinez, bolumena determina daiteke:

H₂SO₄-a purua balitz,

$$3,29 \cdot 10^{-3} \cdot 98,078 = 0,323 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \text{ puru}$$

$$\left. \begin{array}{rcl} \text{Baina } 100 \text{ g disoluziotan} & \text{—} & 90 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \\ & \text{x} & \text{—} & 0,323 \text{ g} \end{array} \right\} x = 0,359 \text{ g H}_2\text{SO}_4$$

Eta bolumena

$$V = \frac{0,359 \text{ g}}{1,80 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}} = 0,199 \text{ cm}^3$$

b emaitza: 0,199 ml

C.- PROBLEMAK

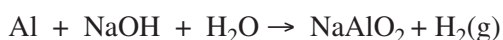
- I.C.1.- Kobaltoak bi kloruro formatzen ditu, beraien kloro-portzentaia hauek direlarik: %56,64 eta %64,38, hurrenez hurren. Kobaltoaren bero espezifikoa $0,1067 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ dela jakinik, eta kloroaren pisu atomikoa 35,453 dela jakinik,
- a.- Kalkulatu kobaltoaren masa molarra
b.- Eman kloruro horien formula eta izena
- I.C.2.- 50,0 gramoko zink ez-puruzko lagin batek, 129 ml HCl-rekin erreakzionatzen du, zeinaren pisu espezifikoa $1,18 \text{ g/cm}^3$ baita, eta pisu protzentaia %35 baita. Zein da zinkaren portzentaia lagin horretan?
- I.C.3.- Azido diprotiko organiko baten 1,306 gramo oxidatzerakoan, 1,714 g CO_2 eta 0,526 g ur lortzen dira. Beste alde batetik, azido horren zilar-gatzaren 5,217 gramok, kaltzinazioz, 3,236 g zilar uzten dituzte. Zein da azido horren formula?
- I.C.4.- Letoi-lagin batek, Cu, Sn, Pb eta Zn ditu, eta bere pisua 1,713 g-koa da. Lagin hori tratatuz, eztainua SnO_2 -ren gisan lortzen da, 0,245 g biltzen direlarik; beruna, PbSO_4 -ren gisan lortzen da, 0,115 g biltzen direlarik eta zinka, $\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7$ -ren gisan lortzen da, 0,246 g biltzen direlarik. Zein da letoi-lagin horretan elementu bakoitzak duen pisu-portzentaia?
- I.C.5.- Bario bromuroa kloro(g)-arekin berotzen denean, bario kloruroa lortzen da, erreakzioa osoa izanik. 1,50 g bario bromurotik, 1,05 g bario kloruro lortzen dira. Bromoaren eta kloroaren pisu atomikoak jakinda, zein da barioaren masa molarra?
- I.C.6.- Etanoz eta azetilenoz osotutako nahastura baten 30 cm^3 , 120 cm^3 oxigenorekin erreakzio-matrize batetan jartzen dira. Txinpartaraziz, baporea kondentsatu egiten da hasierako baldintza berdinetan, eta soberan dagoen gasak 81 cm^3 betetzen ditu. Determina nahasturaren konposizioa.
- I.C.7.- M metal batek M_2O_3 oxidoa formatzen du, oxidoaren metal-portzentaia %68,4 delarik. Zein da M-aren masa molarra? Zein da metala? Zein da oxidoaren izena?
- I.C.8.- Karbonoz, oxigenoz eta hidrogenoz osotuta dagoen konposatu baten konposizioa hau dela aurkitu izan da: %40; %53,3; eta %6,67 hurrenez hurren. Tenperatura eta presio standardetan, baporearen dentsitatea 2,68

$\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ -koa da. Determinatu konposatuaren formula enpirikoa, masa molekularra, eta formula molekularra.

- I.C.9.- 1,35 g pisatzen duen kaltzio-muestra bat, kuantitatiboki 1,88 g kaltzio oxido purutan transformatu da. Oxigenoaren pisu atomikoa 16,0 bezala hartuz, zein da kaltzioaren pisu atomikoa?
- I.C.10.- Gas-konposatu baten 0,596 g-ko muestra batek, baldintza normaletan 484 cm^3 betetzen dituenak, bakarrik boro eta hidrogeno ditu. Oxigeno-soberakina batekin erre zenean, hidrogeno guztia 1,17 g ur gisan birlortu zen, eta boro guztia B_2O_3 -ren gisan. Zeintzuk dira boroz eta hidrogenoz osotutako konposatu horren formula enpirikoa, formula molekularra eta pisu molekularra? Zein da konbustioz lortutako B_2O_3 -aren pisua?
- I.C.11.- Boroaren anhidrido bat oxigenotan %68,897 da, eta boro kloruroaren dentsitatea airerekiko 4,06 da. Kloroaren eta oxigenoaren pisu atomikoak jakinda, determinatu boroaren pisu atomikoa, balentzia, eta anhidridoaren eta kloruroaren formulak.

Datua: Airearen pisu molekular itxurazkoa: 28,97

- I.C.12.- Hidrogenoa lortzeko ondoko erreakzioa erabil daiteke:



- a.- Erreakzioa doitu.
- b.- 5 litroko ganbara batean eta 300 K-etan, 2 mol aluminio daude eta hidrogeno-gasa lortzea nahi da ganbarako presioa 11 atm izan arte. Sodio hidroxidozko ur-disoluzio batetik, ze bolumen behar da hidrogeno-kantitate hori lortzeko? Sodio hidroxidoaren ur-disoluzioaren dentsitatea $1,31 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ da, eta edukiaren portzentaia, %28. Suposatu hidrogenoa gas idealaren moduan konportatzen dela.
- I.C.13.- Azido sulfurikoa fabrikatzeko “kontaktu” delako prozesuan, anhidrido sulfurosoa emateko sufrea airetan erretzen da. Anhidrido sulfuroso gehi aire nahastura katalisatzaile baten zehar pasarazten da, katalisatzaile hori dibanadio pentoxidoa izanik. Honela anhidrido sulfurikoa lortzen da. Determinatu 100 kg sufre, anhidrido sulfurikotan transformatzeko behar den aire-bolumena, 27°C -tan eta 1 atm-tan neurtua, airearen oxigeno-edukia, baldintza horietan, %21 dela jakinik, eta %15aren soberakin bat erabiltzen dela kontutan harturik.

I.C.14.- Sodio kloruroz eta urez osotutako disoluzio baten elektrolisia eginez, lortzen den gasa kloroa da. Erreakzio honetan hidrogeno gasa eta sodio hidroxidoa ere agertzen direla, eta etekina %70 dela jakinik determinatu

- a.- 2,5 kg sodio klorurotik lor daitekeen kloro-bolumena, 780 mm Hg-tan eta 298 K-tan neurtuz.
- b.- Erreakzioan lortutako gas-nahastura uretan biltzen badugu, 25°C-tan eta 1000 mm Hg-tan (presio osoa), zeintzuk dira 1 kg sodio klorurotik lortzen diren gasen presio partzialak?

Datua: $p_v(\text{H}_2\text{O}, 25^\circ\text{C}) = 17,5 \text{ mm Hg}$

I.C.15.- Kaltzio karbonatozko lagin baten 0,5 g eta azido klorhidrikotan 0,0985 M den 50 ml-ko disoluzio bat elkarrekin nahasten dira. Erreakzionatu ondoren, soberan geratzen den azido klorhidrikoa, sodio hidroxidotan 0,1050 M den disoluzio batekin baloratzen da. Balorazio honetan gastatzen den bolumena 6 ml-koa izan zen. Kalkulatu hasierako lagineko kaltzio karbonatoaren portzentaia, suposatuz lagin horretan dauden ezpurutasunek ez dutela erreakzionatzen ez azido klorhidrikoarekin ez eta sodio hidroxidoarekin ere.

I.C.16.- Azido azetikoa karearekin (kaltzio oxido) neutralizatzerakoan, kaltzio azetato bihurtzen da. Azken produktu honen kaltzinazioz, azetona eta kaltzio karbonatoa lortzen dira. Prozesu bakoitzaren etekina %93 dela jakinik, kalkulatu %97,2ko purutasuna duten 250 kg azido azetikotik lor daitekeen azetona-kantitatea.

I.C.17.- Fosfamina (PH_3) gasa, P_4 delakotik ondoko erreakzioaren bidez lor daiteke:



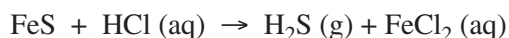
- a.- Determinatu lor daitekeen PH_3 -aren bolumena, baldintza normaletan, 93 g fosforo erabiliz.
- b.- 37°C-tan eta 0,90 atm-tan neurtuta dauden PH_3 -aren 10 litro lortu nahi ditugu. Determinatu erabili beharko den $\text{NaOH}(\text{aq})$ -aren bolumena NaOH -aren kontzentrazioa 0,39 M dela jakinik eta erreakzioaren etekina %90 dela kontutan harturik.

I.C.18.- 16 cm³ hidrokarburo gaseosoz eta 84 cm³ oxigenoz osotutako nahastura leherrarazi egiten da. Ondorioz, 60 cm³-ko hondakin gaseoso bat

geratzen da. Hondakin hau, potasarekin tratatuz, 12 cm^3 -ra murrizten da, hau oxigenoa delarik. Zein da hidrokarburoaren formula?

I.C.19.- Karbono monoxido gehi azetilenonahastura bati 100 cm^3 oxigeno gehitzen zaizkio. Nahastura errearazten da, eta hasierako presio- eta temperatura-baldintzetara itzuliz, 100 cm^3 -ko bolumen bat geratzen da, zeina potasazko disoluzio batetik pasatu ondoren, 35 cm^3 -ra gutxitzen baita. Determinatu nahasturaren konposizioa.

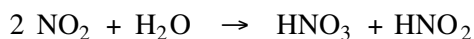
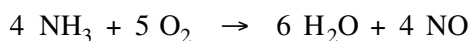
I.C.20.- Sulfuro ferrosozko lugin baten purutasuna determinatzeko, beraren $0,617 \text{ g}$, azido klorhidrikoarekin erreakzionarazi egin ziren,



etekina %80 izan zelarik. Askatutako hidrogeno sulfuro gasa, zilar nitratozko disoluzio batetik pasarazi zen, eta lortutako zilar sulfurozko prezipitatu iragazi, garbitu eta poliki sikatu egin zen, zilar sulfuroaren pisua $1,322 \text{ g}$ izanik.

- a.- Zein da burdina(II) sulfurozko luginaren purutasuna?
- b.- Kontzentrazioa airean mileko bat (bolumenean) denean, hidrogeno sulfuro gasak konortearen galera erakartzen duela jakinik, zein izango da $6 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$ -ko gela batean aurkitzen den pertsona batek konortea galtzeko nahikoa hidrogeno sulfuroa lortzeko behar den sulfuro ferrosoaren luginaren pisua, gelako presioa 740 mm Hg -koa eta temperatura 22°C -koa izanik?
- c.- b apartatuaren hidrogeno sulfuroa lortzeko, zein da erabili behar den azido klorhidrikozko disoluzio baten kantitatea, disoluzioak %40-ko purutasuna eta $1,20 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ -ko dentsitatea baditu?

I.C.21.- Azido nitrikoa amoniakotik presta daiteke, ondoko erreakzioen bidez, denak gas-fasean gertatzen direnak:



- a.- Determinatu 35°C -tan eta $0,5 \text{ atm}$ -tan dagoen amoniako-bonbona batetik ze bolumen amoniako hartu behar den, ondoko ezaugarriak dituen azido nitrikozko 1 litroko disoluzio bat prestatzeko: disoluzio

honen 5 cm^3 baloratzeko, hidroxido sodikotan $0,1 \text{ M}$ disoluzio baten 50 cm^3 behar dira.

- b.- Determinatu lehen erreakzioaren bidez lortzen den NO delakoaren bolumena, uraren gainean bildua, 750 mm Hg -tan eta 22°C -tan, a.-atalean kalkulaturiko amoniako-kantitatea erabiliz.

Datua: $p_v(\text{H}_2\text{O}, 22^\circ\text{C}) = 19,8 \text{ mm Hg}$.

- I.C.22.- Substantzia organiko baten nitrogeno-edukia determinatzeko, substantzia honen $0,196 \text{ g}$ -ko lagin bat azido sulfurikoarekin erreakzionarazi zen, honela laginaren nitrogeno guztia, amonio sulfato bihurtu zen. Azkenengo konposatu hau sodio hidroxidotan irakiterakoan amoniako gasa formatzen da, eta hau $0,208 \text{ cm}^3$ azido klorhidrikoaren (purutasuna $\%36,8$ eta dentsitatea $1,19 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$) gainean batzen da. Honela amoniakoak eta azido klorhidrikoak erreakzionatzen dute, azidoa soberan geratuz, eta soberan geratzen den kantitate hau neutralizatzeko, bario hidroxidotan $0,050 \text{ M}$ diren $12,3 \text{ cm}^3$ erabiltzen dira.

a.- Gertatzen diren erreakzioak idatzi.

b.- Zein da laginaren nitrogeno-edukia ehunekobestetan?

- I.C.23.- Pb_3O_4 formula duen berun oxidoa berotzerakoan, deskonposatu egiten da, oxigenoa eta beste berun oxido desberdin bat emanez. Baldin $2,750 \text{ g}$ Pb_3O_4 berotzen badira, $0,0640 \text{ g}$ oxigeno eta berun oxido ezezagunaren $2,686 \text{ g}$ lortzen dira. Zein da berun oxido ezezagunaren formula?

- I.C.24.- HCl -tan $12,0 \text{ M}$ den tanta bat ($0,05 \text{ ml}$), aluminio-paper mehe baten zehar hedatzen da. Azidoak aluminioa disolbatzen duela suposatuz, zein izango da egindako zuloaren azalera?

Datuak: Aluminioaren dentsitatea, $2,708 \text{ g/cm}^3$

Aluminio-paperaren lodiera, $0,10 \text{ mm}$.

- I.C.25.- Ondoko metal hauetatik zeinek ematen du hidrogeno gehien azido klorhidriko diluituarekin erreakzionatzerakoan, gramo bakoitzeko: Na, Mg, Al, Zn?

II. Gas-egoera

OHARRA: Gai honen galderak eta problemak egiteko, tauletan agertzen diren datuak erabili behar dira.

II.A.- GALDERAK

II.A.1.- 10^3 dm^3 -ko ontzi batean, CO_2 gaseoso kantitate bat dago, 373,15 K-etan eta $3 \cdot 10^{-3} \text{ mm Hg}$ -tan. Gero CO_2 -a 10^{-4} l -ko ontzi batera pasatzen da, 373,15 K-etan.

- a.- Gasaren molekulen artean egongo al da elkarraziorik lehen baldintzetan?
- b.- Baldintza berrietan, elkarrazioak gehitu, gutxitu ala berdinak izango dira?
- c.- CO_2 -ak, baldintza bietan lege berdinak segituko al ditu?
- d.- Zergatik CO_2 -ak presio bat egiten du? Azaldu hau baldintza bietan.
- e.- Zer esan daiteke molekulen energia zinetikoari buruz, baldintza bietan? Nola determina daiteke?
- f.- Nola azal daiteke CO_2 -aren konprimagarritasun-faktorearen ($z = pV/RT$) aldaketa presioa gehitzerakoan? Zergatik gertatzen da?

II.A.2.- 2 l-ko eta 1 l-ko bi ganbara daude, bakoitzean 1 mol gas dagoelarik, baldintzak hauek direlarik, hurrenez hurren

$$p = 20 \text{ atm}, T = 500 \text{ K} \text{ eta } p = 20 \text{ atm}, T = 350 \text{ K}$$

Ondoko esaldietatik esan zeintzuk diren zuzenak eta zeintzuk ez, zergatikoak azalduz:

- a.- Kasu bietan, gasa idealaren moduan konportatzen da.
- b.- Bigarren ganbaran, partikulen arteko elkarrazioak handiagoak dira.
- c.- Bigarren ganbaran, molekulen batezbesteko energia handiagoa da.
- d.- Kasu bietan, bolumen eskudituaaren efektua, elkarrazioen efektua baino handiagoa da.

- II.A.3.- 50 l-ko ganbara batean, 25°C-tan eta 760 mm Hg-tan dauden oxigeno eta hidrogeno molekula-kopuruak berdinak dira. Esan ondoko esaldiak zuzenak diren ala ez, azalduz.
- a.- Batezbestean, hidrogeno-molekulak oxigeno-molekulak baino bizkorrago higituko dira.
 - b.- Batezbestean, segundo batean, hormekin hidrogeno-molekula gehiagok txokatzen dute.
 - c.- Ganbaratik oxigenoa ateratzen bada, ganbarako presioa 190 mm Hg-raino baxatuko da.
 - d.- Hidrogenoaren eta oxigenoaren batezbesteko energia zinetikoak berdinak dira.
- II.A.4.- He ($p = 1 \text{ atm}$) eta O₂ ($p = 0,5 \text{ atm}$) inguruko tenperaturaren aurkitzen dira.
- a.- Bi gasen molekulen batezbesteko abiaduraren arteko konparaketa bat egin.
 - b.- Nola determina daitezke gas biko bero-kapazitateak, aurkitzen diren baldintzetan? Bero-kapazitateak aldatu egin daitezke, tenperatura 800°C-ra igoten bada?
 - c.- Oxigenoa, 45°C-ra berotzen bada, eta helioa 3°C-ra hozten bada, zer gertatuko da bi gasen batezbesteko abiadurekin? Eta abiadura-distribuzioekin?
 - d.- Gas biko 20 atm-ko presiora eramaten direnean, helio gasaren konprimagarritasun-faktorea 1 izaten segitzen duela, eta oxigeno gasarena 1 baino txikiago dela ikusten da. Konportamendu hau azaldu, zergatik gertatzen den arrazontuz.
- II.A.5.-
- a.- Gas biko idealaren moduan kontsideratzeko, ze baldintza bete behar ditu?
 - b.- 1 l-ko ganbara batean, 10 mol CO₂, 40°C-tan eta 3 atm-tan, sartzen dira. Gas hau, aurreko baldintzetan, idealaren moduan ala erreal moduan konportatuko da? Arrazontatu.
 - c.- Gas biko, idealaren moduan ezin daitekeenean kontsideratu, bere konportamendua van der Waals-en ekuazioaren bidez azal daiteke. Egoera-ekuazio honetan agertzen diren konpertzio-faktoreen adierazpen fisikoa azaldu, justifikatuz.
- II.A.6.- A gas baten mol biko halako baldintzetan aurkitzen da, ezen bere presioaren eta betetzen duen bolumenaren biderkadura, alde batetik, eta tenperaturaren eta gasen konstantearen arteko biderkadura, bestetik, desberdinak diren.

- a.- Nola azal daiteke, gasen teoria zinetikoaren bidez, konportamendu hau?
- b.- p_1 presio determinatu batean, $p_1 V > RT$, eta p_2 , beste presio batean, $p_2 V < RT$. Nola azal daiteke desberdintasun hau?
- c.- p_2 presiotan tenperatura gehitzen badugu, zer gertatuko litzateke pV/RT erlazionarekin?

II.A.7.- 3 l-ko ganbara batean, 340 K-tan eta 0,3 atm-tan, gas baten 0,032 mol aurkitzen dira.

- a.- Gas-molekulen artean elkarrekiziorik egongo da? Zergatik?
- b.- Tenperatura berdinean, gas guztia $5 \cdot 10^{-3}$ l-ko ganbara batean sartzen bada,
 - Gas-molekulen batezbesteko energia zinetikoa aldatuko da? Zergatik?
 - Presioa aldatuko da?
 - Gas-molekulen arteko elkarrekizioak gehitu ala gutxitu egingo dira?

II.A.8.- Ondoko baieztapenen zuzentasuna eztabaidatu, arrazonatuz.

- a.- Gas erreal bat ezin da inoiz gas idealaren moduan konportatu, p eta T edozein izan arren.
- b.- 200 K-tan, 1 l-ko ganbara batean, 1 mol gasek 7 atm-ko presioa egiten du, horregatik, bolumen esklutituaren efektua nagusi izanik, gas erreal moduan konportatzen da.
- c.- Hidrogeno-gasa difusagarriena da.
- d.- Gas erreal baten 1 molerentzat, konprimagarritasun-koefizientea konstantea da presio-balore bakoitzarentzat, eta beste magnitudeez ez du inolako dependentziarik.

II.A.9.- Ganbara batean, eta xafla batez bereiztuta, nitrogeno-gasa eta helio-gasa sartzen dira. Xafla hori poruduna bada, zer gertatuko litzateke eta nola?

- a.- Gas biak nahastu eta gero, xafla porodun askotatik pasa erazten dira. Zer gertatuko da?
- b.- Helio-gasaren eta nitrogeno-gasaren c_p/c_v erlazioa neurtuz datu hauek lortzen dira: nitrogenoarentzat, $c_p/c_v \neq 5/3$, eta helioarentzat, $c_p/c_v = 5/3$. Nola esplikatu daiteke desberdintasun hau? Erlazio hau, tenperatura gehitzerakoan, aldatuko al da?

B.- PROBLEMA EBATZIAK

II.B.1.- 2 l-ko A ontzian nitrogenoa 25°C-tan eta 5 atm-tan dago, eta 4 l-ko B ontzian, oxigenoa 50°C-tan eta 2 atm-tan. Ontzi biak komunikatu ondoren, tenperatura 40°C dela jakinik, determinatu

- a.- Nahasturaren presio totala, eta gas bakoitzaren presio partzialak.
b.- B ontzitik A ontzira pasatzen den oxigenoaren mol-kopurua.

Ebazpena:

- a.- Gas bakoitzaren mol-kopurua determina daiteke, eta gero, tenperatura eta bolumena jakinez, presioa determinatu.

A ontzian dagoen nitrogenoaren mol-kopurua, gas idealaren ekuazioa erabiliz, determinatzen dugu:

$$p_{N_2} \cdot V_A = n_{N_2} R \cdot T_A; \quad n_{N_2} = \frac{5 \text{ atm} \cdot 2 \text{ l}}{0,082 \text{ atm} \cdot \text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} (273,15 + 25) \text{ K}} = 0,409 \text{ mol}$$

Berdin B ontzian dagoen oxigenoaren mol-kopuruarekin

$$n_{O_2} = \frac{p_{O_2} \cdot V_B}{R \cdot T_B} = \frac{2 \text{ atm} \cdot 4 \text{ l}}{0,082 \text{ atm} \cdot \text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} (273,15 + 50) \text{ K}} = 0,302 \text{ mol}$$

Ontzi biak komunikatu ondoren, mol-kopurua mantendu egingo da, eta bolumena bien gehiketa izango da. Presio totala determinatzeko:

$$p_T \cdot V_T = n_T \cdot R \cdot T \quad p_T = \frac{n_T \cdot R \cdot T}{V_T}$$

$$p_T = \frac{(0,409 + 0,302) \text{ mol} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot 1 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} (273,15 + 40) \text{ K}}{(2 + 4) \text{ l}}$$

$$= 3,043 \text{ atm}$$

Presio partzialak determinatzeko, Dalton-en legea aplikatzen da.

$$p_{O_2} = x_{O_2} \cdot p_T$$

$$\text{Oxigenoaren frakzio molarra: } x_{O_2} = \frac{0,302 \text{ mol}}{(0,302 + 0,409 \text{ mol})} = 0,425$$

$$\text{Eta nitrogenoarena: } x_{N_2} = 1 - x_{O_2} = 1 - 0,425 = 0,575$$

Presio partzialak honela geratzen dira:

$$p_{O_2} = x_{O_2} \cdot p_T = 0,425 \cdot 3,043 \text{ atm} = 1,293 \text{ atm}$$

$$p_{N_2} = x_{N_2} \cdot p_T = 0,575 \cdot 3,043 \text{ atm} = 1,750 \text{ atm}$$

$$a \text{ emaitza: } p_T = 3,043 \text{ atm; } p_{O_2} = 1,293 \text{ atm; } p_{N_2} = 1,750 \text{ atm}$$

- b.- B ontzitik A ontzira pasatzen den oxigenoaren mol-kopurua determinatzeko, bukaeran B ontzian dauden oxigeno-molak determinatu behar dira. Oxigenoa gas idealaren moduan konportatzen dela suposatuz,

$$p_{O_2} \cdot V_B = n_{O_2} \cdot R \cdot T; \quad n_{O_2} = \frac{1,293 \text{ atm} \cdot 4 \text{ l}}{0,082 \text{ atm} \cdot 1 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} (273,15 + 40) \text{ K}}$$

$$= 0,201 \text{ mol } O_2 \text{ daude B ontzian}$$

Hasieran 0,302 mol egon baziren, eta orain 0,201 mol badaude, pasatu direnak haiek izango dira:

$$0,302 \text{ mol} - 0,201 \text{ mol} = 0,101 \text{ mol}$$

b emaitza: 0,101 mol oxigeno

II.B.2.- Egun heze batean, tenperatura 110°F izanik ur-baporearen presioa, atmosferan, 66 mm Hg da. Aire sikuan, eta moletan adierazita, %20 mol oxigeno eta %80 mol nitrogeno daudela jakinik, determinatu, egun horretan,

a.- Atmosferako ur-kantitatea, frakzio molar moduan adierazita.

b.- Uraren ehunekobestea, pisutan.

Datua: presio atmosferikoa, airea sikua denean, 760 mm Hg

Ebazpena:

a.- Presio totala eta ur-baporearen presioa jakinez, uraren frakzio molarra determina daiteke Dalton-en presio partzialen legea aplikatuz.

$$\begin{aligned}
 P_{\text{H}_2\text{O}} &= x_{\text{H}_2\text{O}} \cdot P_T & P_{\text{H}_2\text{O}} &= 66 \text{ mm Hg} \\
 P_T &= P_{\text{airea}} + P_{\text{H}_2\text{O}} = & & \\
 &= 760 \text{ mm Hg} + 66 \text{ mm Hg}
 \end{aligned}$$

$$x_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{66 \text{ mm Hg}}{(760 + 66) \text{ mm Hg}} = 0,0799$$

a emaitza: $x_{\text{H}_2\text{O}} = 0,0799$

b.- Airea sikua denean, konposizioa ehunekobestetan -moletan- hau bada, %20 O₂ + %80 N₂, frakzio molarrek hauek izango dira:

$$x_{\text{O}_2} = 0,20 \qquad x_{\text{N}_2} = 0,80$$

Airea hezea denean, oxigenoaren eta nitrogenoaren arteko erlazioa berdin mantenduko da, eta aire hezean denez,

$$x_{\text{O}_2} + x_{\text{N}_2} = 1 - 0,0799 = 0,9201$$

zeren frakzio molarren batura 1 baita. Eta nitrogenoaren eta oxigenoaren proportzioak berdinak direnez,

$$x_{\text{O}_2} = 0,2 \cdot 0,9201 = 0,1840$$

$$x_{\text{N}_2} = 0,8 \cdot 0,9201 = 0,7361$$

Beraz, moletan adierazita, aire hezearen ehunekobesteak hauek izango dira:

$$x_{\text{H}_2\text{O}} = \%7,99 \quad x_{\text{O}_2} = \%18,40 \quad x_{\text{N}_2} = \%73,61$$

Ehunekobesteak pisutan adierazteko, har dezagun 1 mol aire heze.

$$\text{Ur-gramoak} = 0,0799 \text{ mol} \cdot 18,015 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1,4394 \text{ g H}_2\text{O}$$

$$\text{O}_2\text{-gramoak} = 0,1840 \text{ mol} \cdot 31,998 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 5,8876 \text{ g O}_2$$

$$\text{N}_2\text{-gramoak} = 0,7361 \text{ mol} \cdot 28,014 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 20,6211 \text{ g N}_2$$

Beraz, 1 mol aire hezearen pisua hau izango da:

$$1,4394 \text{ g H}_2\text{O} + 5,8876 \text{ g O}_2 + 20,6211 \text{ g N}_2 = 27,9481 \text{ g.}$$

Eta ehunekobesteak, pisutan, hauek izango dira:

$$\text{H}_2\text{O: } \frac{1,4394}{27,9481} \cdot 100 = \%5,15$$

$$\text{O}_2: \frac{5,8876}{27,9481} \cdot 100 = \%21,07$$

$$\text{N}_2: \frac{20,6211}{27,9481} \cdot 100 = \%73,78$$

b emaitza: %5,15 ur, pisutan

II.B.3.- 2 l-ko ontzi batean, 5 l oxigeno 2 atm-tan eta 10 l nitrogeno 4 atm-tan sartzen dira. Nahastu ondoren, 25 l, 1 atm-tan irteten uzten dira, prozesu guztian tenperatura 25°C-tan mantentzen delarik. Determinatu:

- a.- Nahasturaren presio totala, eta gas bakoitzaren presio partziala bukaeran.
- b.- Oxigeno eta nitrogeno-kantitateak gramotan.

Ebazpena:

- a.- Presio totala eta presio partzialak determinatzeko, lehendabizi ontzian zenbat mol sartu diren, eta gero ontzitik zenbat mol atera diren determinatu behar da. Sartzen den mol-kopurua determinatzeko, gas idealaren ekuazioa aplikatzen dugu:

$$p_{O_2} \cdot V = n_{O_2} \cdot R \cdot T; \quad n_{O_2} = \frac{2 \text{ atm} \cdot 5 \text{ l}}{0,082 \text{ atm} \cdot \text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \text{K}^{-1} (273,15 + 25) \text{ K}}$$

$$= 0,409 \text{ mol oxigeno}$$

$$p_{N_2} \cdot V = n_{N_2} \cdot R \cdot T; \quad n_{N_2} = \frac{4 \text{ atm} \cdot 10 \text{ l}}{0,082 \text{ atm} \cdot \text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \text{K}^{-1} (273,15 + 25) \text{ K}}$$

$$= 1,636 \text{ mol nitrogeno}$$

Irteten den mol-kopurua, berdin determina daiteke:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T; \quad n = \frac{25 \text{ l} \cdot 1 \text{ atm}}{0,082 \text{ atm} \cdot \text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} (273,15 + 25) \text{ K}}$$

$$= 1,023 \text{ mol atera dira}$$

Ontzian geratzen den mol-kopurua hau izango da:

$$(0,409 \text{ mol } O_2 + 1,636 \text{ mol } N_2) - 1,023 \text{ mol} = 1,022 \text{ mol}$$

Ontziaren bolumena jakinik, presio totala determina daiteke:

$$p_T \cdot V = n \cdot R \cdot T; \quad p_T = \frac{1,022 \text{ mol} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298,15 \text{ K}}{2 \text{ l}}$$

$$= 12,49 \text{ atm bukaeran}$$

Presio partzialak determinatzeko, 1,022 moletatik zenbat diren oxigeno eta zenbat nitrogeno jakin behar da. Horretarako, frakzio molarra nahastura egin ondoren konstante mantenduko dela kontutan hartu behar da; zeren ontzitik ateratzen den gasa ontziaren barruan geratzen den gasaren konposizio berdinekoa izango baita. Beraz,

$$x_{O_2}(\text{ontzian, hasieran}) = x_{O_2}(\text{ontzian, irteterakoan})$$

$$= x_{O_2}(\text{ontzian, bukatzerakoan})$$

Gauza berdina nitrogenoarekin. Oxigenoaren frakzio molarra, hasieran, hau izango da:

$$x_{O_2} = \frac{n_{O_2}}{n_{O_2} + n_{N_2}} = \frac{0,409 \text{ mol}}{(0,409 + 1,636) \text{ mol}} = 0,2$$

Frakzio molarren batura 1 denez, $x_{N_2} = 0,8$

Beraz,

$$n_{O_2} = n_T \cdot x_{O_2} = 1,022 \text{ mol} \cdot 0,2 = 0,204 \text{ mol } O_2$$

$$n_{N_2} = n_T \cdot x_{N_2} = 1,022 \text{ mol} \cdot 0,8 = 0,818 \text{ mol } N_2$$

Eta presio partzialak:

$$p_{O_2} = x_{O_2} \cdot p_T = 0,2 \cdot 12,49 \text{ atm} = 2,498 \text{ atm}$$

$$p_{N_2} = x_{N_2} \cdot p_T = 0,8 \cdot 12,49 \text{ atm} = 9,992 \text{ atm}$$

$$a \text{ emaitza: } p_T = 12,49 \text{ atm; } p_{O_2} = 2,498 \text{ atm; } p_{N_2} = 9,992$$

b.- Molak ezagutzen direnez:

$$O_2\text{-gramoak} = 0,204 \text{ mol } O_2 \cdot 31,998 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 6,528 \text{ g } O_2$$

$$N_2\text{-gramoak} = 0,818 \text{ mol } N_2 \cdot 28,014 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 22,915 \text{ g } N_2$$

$$b \text{ emaitza: } O_2: 6,528 \text{ g; } N_2: 22,915 \text{ g}$$

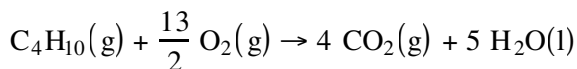
II.B.4.- 18,5 l-ko erreakzio-ganbara batean, 298,15 K-etan, butanoa erretzen da; butano-gasaren eta oxigenoaren hasierako presio partzialak 0,1 eta 1 atm direlarik hurrenez hurren.

- a.- Erreakzioa amaitu eta gero, zein da gas bakoitaren presio partziala? Eta zein ganbarako presio totala?
- b.- Zein da gas-nahasturaren energia zinetiko totala erreakzioa amaitu eta gero?

Datua: Uraren bapote-presioa, 298,15 K-tan = 23,8 mm Hg

Ebazpena:

a atala determinatzeko, bukaerako presio partzialak determinatu beharko dira, eta horretarako erreakzioa idatzi eta doitu egin beharko da:



Konbustio batean, CO_2 -a gas-egoeran lortzen da, eta H_2O -a egoera likidoan. Zenbat lortuko den jakiteko, hasieran zenbat zegoen jakin beharko da. Horretarako, butanoa gas idealaren moduan konportatzen dela suposatuz,

$$n_{\text{C}_4\text{H}_{10}} = \frac{p_{\text{C}_4\text{H}_{10}} \cdot V}{R \cdot T} = \frac{0,1 \text{ atm} \cdot 18,5 \text{ l}}{0,082 \text{ atm} \cdot \text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298,15 \text{ K}} = 0,07567 \text{ mol}$$

$$n_{\text{O}_2} = \frac{p_{\text{O}_2} \cdot V}{R \cdot T} = \frac{1 \text{ atm} \cdot 18,5 \text{ l}}{0,082 \text{ atm} \cdot \text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298,15 \text{ K}} = 0,7567 \text{ mol}$$

Erreakzioaren estekiometria kontutan hartuz, eta erreakzioaren etekina %100 dela suposatuz,

	$\text{C}_4\text{H}_{10} + \frac{13}{2} \text{O}_2$		$\rightarrow$	4CO_2	$5 \text{H}_2\text{O}$
$t = 0$	0,07567	0,7567		0	0
$t = \infty$	0	$0,7567 - \left(\frac{13}{2} 0,07567\right)$	$\rightarrow$	$4 \cdot 0,07567$	$5 \cdot 0,07567$

Bukaeran,

$$n_{\text{C}_4\text{H}_{10}} = 0 \qquad n_{\text{CO}_2} = 0,3027 \text{ mol}$$

$$n_{\text{O}_2} = 0,2648 \text{ mol} \qquad n_{\text{H}_2\text{O}} = 0,3784 \text{ mol}$$

Bukaeran, gas-egoeran geratzen diren substantziak O_2 -a, CO_2 -a eta baporatzen den ura izango dira. Beraien presioak hauek izango dira:

$p_{\text{H}_2\text{O}} = 23,8 \text{ mmHg}$, berau baita uraren baporpresioa tenperatura honetan

$$p_{\text{CO}_2} = \frac{n_{\text{CO}_2} \cdot R \cdot T}{V} = \frac{0,3027 \text{ mol} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298,15 \text{ K}}{18,5 \text{ l}} = 0,400 \text{ atm}$$

$$p_{\text{O}_2} = \frac{n_{\text{O}_2} \cdot R \cdot T}{V} = \frac{0,2648 \text{ mol} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298,15 \text{ K}}{18,5 \text{ l}} = 0,350 \text{ atm}$$

Presio totala, presio partzialen batura izango da

$$p_{\text{T}} = p_{\text{H}_2\text{O}} + p_{\text{CO}_2} + p_{\text{O}_2} = \frac{23,8}{760} \text{ atm} + 0,400 \text{ atm} + 0,350 \text{ atm} = 0,781 \text{ atm}$$

a emaitza:

$$p_{\text{T}} = 0,781 \text{ atm}; \quad p_{\text{H}_2\text{O}} = 23,8 \text{ mmHg}; \quad p_{\text{CO}_2} = 0,400 \text{ atm}; \quad p_{\text{O}_2} = 0,350 \text{ atm}$$

b.- Energia zinetikoa tenperaturarekiko proportzionala da; honela, molekula baten batezbesteko energia zinetikoa, zera da:

$$\bar{E}_z = \frac{3}{2} k \cdot T; \quad \text{eta } n \text{ molentzat } \bar{E}_z(\text{total}) = \frac{3}{2} n \cdot R \cdot T$$

Beraz, n , mol-kopurua, determinatu behar da; gas idealaren ekuazioa erabiliz,

$$p_{\text{T}} \cdot V = n_{\text{T}} \cdot R \cdot T; \quad n_{\text{T}} = \frac{p_{\text{T}} \cdot V}{R \cdot T} = \frac{0,781 \text{ atm} \cdot 18,5 \text{ l}}{0,082 \text{ atm} \cdot \text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298,15 \text{ K}} = 0,591 \text{ mol}$$

$$\bar{E}_z(\text{totala}) = \frac{3}{2} n \cdot R \cdot T = \frac{3}{2} \cdot 0,591 \text{ mol} \cdot 8,3144 \cdot \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298,15 \text{ K} = 2198 \text{ J}$$

b emaitza: energia = 2,20 kJ

II.B.5.- Bolumen berdineko bi ontzi hidrogenoz beteta daude, bata 0°C-tan eta 1 atm-tan, eta bestea 300°C-tan eta 5 atm-tan. Determinatu

- a.- Bi ontzietako molekula-kopuruen erlazioa.
- b.- Bi ontzietako molekulen batezbesteko abiaduren erlazioa.
- c.- Bi ontzietako molekulen momentu linealen erlazioa.
- d.- Bi ontzietako molekulen batezbesteko energia zinetikoen erlazioa.

Ebazpena:

- a.- Hidrogenoa bi ontzietan gas idealaren moduan konportatzen dela suposatuz, zera betekoa da:

$$p_1 V_1 = n_1 R \cdot T_1 \quad 1. \text{ ontzian (0°C-tan, 1 atm-tan)}$$

$$p_2 V_2 = n_2 R \cdot T_2 \quad 2. \text{ ontzian (300°C-tan, 5 atm-tan)}$$

Bolumenak berdinak direnez

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{n_1 T_1}{n_2 T_2}; \quad \frac{n_1}{n_2} = \frac{p_1 T_2}{p_2 T_1} = \frac{1 \text{ atm} \cdot (300 + 273,15) \text{ K}}{5 \text{ atm} \cdot (0 + 273,15) \text{ K}} = 0,4197$$

Molekula-kopuruen arteko erlazioa berdina izango da, zeren edozein substantziaren mol batean beti molekula-kopuru berdina egongo baita; molekula-kopuru hori Avogadro-ren zenbakia deitzen da: $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ molekula/mol

a emaitza: 0,4197

- b.- Molekula baten batezbesteko energia zinetikoa honela adieraz daiteke:

$$\left. \begin{aligned} \bar{E}_z &= \frac{1}{2} m \overline{v^2} \\ \bar{E}_z &= \frac{3}{2} kT \end{aligned} \right\} \overline{v^2} = \frac{3kT}{m}$$

Ontzi bakoitzean:

$$\overline{v_1^2} = \frac{3k \cdot T_1}{m} \quad 1. \text{ ontzian}$$

$$\overline{v_2^2} = \frac{3k \cdot T_2}{m} \quad 2. \text{ ontzian}$$

non k , Boltzmann-en konstantea, eta m , H_2 -molekula baten masa baitira.

Honela, molekulen batezbesteko abiaduren erlazioa:

$$\frac{\overline{v_1^2}}{\overline{v_2^2}} = \frac{T_1}{T_2}; \quad \left[\frac{\overline{v_1^2}}{\overline{v_2^2}} \right]^{1/2} = \left(\frac{273,15 \text{ K}}{573,15 \text{ K}} \right)^{1/2} = 0,690$$

Nahiz eta zehazki zuzen ez izan, hurbilketa bat egin daiteke, eta zera esan:

$$\left\{ \overline{v_1^2} \right\}^{1/2} \cong \overline{v_1} \quad \text{Horrela, } \frac{\overline{v_1}}{\overline{v_2}} = 0,690$$

b emaitza: 0,690

c.- Momentu lineala honela adieraz daiteke: $m \cdot v$

Erlazioa hau izango da:

$$\frac{m_{H_2} \cdot \overline{v_1}}{m_{H_2} \cdot \overline{v_2}} = \frac{\overline{v_1}}{\overline{v_2}} = 0,690$$

Erlazioa batezbesteko abiaduren erlazioaren berdina da.

c emaitza: 0,690

d.- Molekula baten batezbesteko energia zinetikoa honela defini daiteke, gorago aipatu den bezala:

$$\overline{E_z} = \frac{3}{2} k \cdot T$$

Beraz, erlazioa honela eratuko da

$$\frac{\bar{E}_{z_1}}{\bar{E}_{z_2}} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{273,15 \text{ K}}{573,15 \text{ K}} = 0,477$$

d emaitza: 0,477

II.B.6.- 298,15 K-etan eta 75 atm-tan karbono monoxidoaren koprimagarritasun-faktorea 0,9920 da, eta 800 atm-tan, 1,7412, temperatura berdina izanik. Baldintza horietan karbono monoxidoaren mol baten bolumena determinatzea nahi da. Baldintza bietan determinatu, eta erroreak zeintzuk izango diren, kasu bietan,

- a.- Gas idelaren legea aplikatuz
- b.- Van der Waals-en legea aplikatuz.

Datuak: Karbono monoxidoaren van der Waals konstanteak.

$$a = 1,49 \text{ atm} \cdot \text{l}^2 \cdot \text{mol}^{-2}; \quad b = 3,99 \cdot 10^{-2} \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Ebazpena:

Erroreak determinatzeko, bolumen esperimentala determinatu behar da edozein kasutan. Horretarako, koprimagarritasun-faktorea erabil daiteke. 1 molek betetzen duen bolumena hau izango da:

$$z = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} \qquad V = \frac{z \cdot R \cdot T}{p}$$

298,15 K-etan eta 75 atm-tan

$$V_{\text{exp}} = \frac{0,9920 \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298,15 \text{ K}}{75 \text{ atm}} = 0,3234 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$$

298,15 K-etan eta 800 atm-tan

$$V_{\text{exp}} = \frac{1,7412 \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot 1 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298,15 \text{ K}}{800 \text{ atm}} = 0,05321 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Mol batek egiatan betetzen duen bolumena jakinik, lege batak eta besteak aurratsen duenarekin konpara daiteke, erroreak determinatuz.

a.- Gas idealaren ekuazioa aplikatuz, 298,15 K eta 75 atm-tan, mol batentzat:

$$P \cdot V = R \cdot T; \quad V_{\text{ideala}} = \frac{0,082 \text{ atm} \cdot 1 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298,15 \text{ K}}{75 \text{ atm}} = 0,3260 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\begin{aligned} \text{Errore absolutua} &= | \text{balore exaktua} - \text{balore kalkulatu} | = \\ &= | 0,3234 - 0,3260 | = 0,0026 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Errore erlatiboa}(\%) &= \frac{\text{errore absolutua}}{\text{balore exaktua}} \cdot 100 \\ &= \frac{0,0026}{0,3234} \cdot 100 = \%0,804 \end{aligned}$$

Gauza berdina 298,15 K eta 800 atm-tan eginez:

Errore absolutua:

$$V_{\text{ideala}} = \frac{0,082 \text{ atm} \cdot 1 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298,15 \text{ K}}{800 \text{ atm}} = 0,03056 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$E_a = |0,05321 - 0,03056| = 0,02265$$

Errore erlatiboa

$$E_r = \frac{0,02265}{0,05321} \cdot 100 = \%42,57$$

Ikusten denez, zenbat eta presioa altuagoa izan, gasaren idealtasuna txikiagoa da, eta ekuazio hau erabiltzerakoan egiten den errorea gero eta handiagoa da.

a emaitza: %0,804; %42,57

- b.- Bolumena determinatzeko van der Waals-en ekuazioa aplikatzerakoan, kontutan eduki behar dena zera da, ekuazio hau hirugarren gradukoa dela bolumenarekiko. Honelako ekuazioak ebazteko metodo berezi batzuk daude, eta hauetariko bat, metodo iteratibo deritzona, erabiliko da hemen.

$$\text{Ekuazioa hau da } (V - b) \cdot \left(p + \frac{a}{V^2} \right) = R \cdot T \text{ (mol bakoitzeko)}$$

Metodo iteratiboa honela aplikatu daiteke: lehendabizi, ekuazioa berrordenatu egin behar da, alderdi batean V hutsa agertu behar delarik, eta beste guztia beste alderdian:

$$V = \frac{R \cdot T}{p + \frac{a}{V^2}} + b$$

Bakarrik dagoen V -a, V' deituko da:

$$V' = \frac{R \cdot T}{p + \frac{a}{V^2}} + b$$

Hurrengo pausoa zera da, V -aren balore bat suposatzen da, adibidez, V esperimental edo gas idealaren erlaziotik ateratzen den bolumena. Balore hori ekuazioan ordezkatzuz, V' -aren balore bat aterako da. V' -aren balorea eta jarri dugun V -aren balorea berdinak badira, hori izango da ekuazioaren soluzioa; berdinak ez badira, lortutako V' -aren balorea V -an ordezkatzuko dugu, V' berri bat lortuz. Prozesua errepikatu egiten da jarritako V -a eta lortutako V' -a berdinak izan arte. Honela, 298,15-etan eta 75 atm-tan, hasierako bolumena, V , gas idealaren bidez lortutako bolumena hartuz, $V = 0,3260 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$:

$$V' = \frac{0,082 \text{ atm} \cdot \text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298,15 \text{ K}}{75 \text{ atm} + \frac{1,49 \text{ atm} \cdot \text{l}^2 \cdot \text{mol}^{-2}}{(0,3260 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1})^2}} + 3,99 \cdot 10^{-2} \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1} =$$

$$V' = 0,31451 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Lortutako V' -a eta hasierako V -a desberdinak direnez, V' -aren balorea jarriko dugu orain V -aren tokian:

Desberdinak direnez, prozesua errepikatu egingo dugu:

$$V = 0,3145 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1} \qquad V' = 0,3114 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$V = 0,3114 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1} \qquad V' = 0,3104 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$V = 0,3104 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1} \qquad V' = 0,3102 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$V = 0,3102 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1} \qquad V' = 0,3101 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$V = 0,3101 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1} \qquad V' = 0,3101 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Beraz, van der Waals-en ekuazioa erabiliz lortutako bolumena:

$$V_{\text{vdW}} = 0,3101 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Errore absolutua:

$$E_a = |0,3234 - 0,3101| = 0,0133$$

Errore erlatiboa

$$E_r = \frac{0,0133}{0,3234} \cdot 100 = \%4,11$$

Ikusten denez, baldintza hauetan, van der Waals-en ekuazioa erabiliz lortzen den errorea handiagoa da, gas idealaren ekuazioa erabiliz lortzen dena baino. Honek zera esan nahi du, gasa, baldintza hauetan, ia idealaren moduan konportatzen dela.

Orain, 298,15 K eta 800 atm-tan berdin egingo da. Hasierako bolumen moduan gas idealaren ekuazioa erabiliz lortzen den bolumena erabiliko da, $V = 0,03056 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$\begin{aligned} V' &= \frac{0,082 \text{ atm} \cdot \text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298,15 \text{ K}}{800 \text{ atm} + \frac{1,49 \text{ atm} \cdot \text{l}^2 \text{mol}^{-2}}{(0,030561 \cdot \text{mol}^{-1})^2}} + 3,99 \cdot 10^{-2} \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1} \\ &= 0,0501 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

Desberdinak direnez, prozesua jarraitu beharko da:

$$V = 0,0501 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1} \qquad V' = 0,05744 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$V = 0,05744 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1} \qquad V' = 0,05943 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$V = 0,05943 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1} \qquad V' = 0,05991 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$V = 0,05991 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1} \qquad V' = 0,06002 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$V = 0,06002 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1} \qquad V' = 0,06005 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$V = 0,06005 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1} \qquad V' = 0,06005 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\text{Beraz, } V = 0,06005 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\text{Errore absolutua: } |0,05321 - 0,06005| = 0,00684$$

$$\text{Errore erlatiboa } \frac{0,00684}{0,05321} \cdot 100 = \%12,85$$

Baldintza hauetan, van der Waals-en ekuazioa erabiliz egiten den errorea txikiagoa da.

b emaitza: %4,11; %12,85

II.C.- PROBLEMAK

II.C.1.- Hidrogeno kloruroaren dentsitatea determinatu

- a.- Baldintza normaletan.
- b.- 836 mm Hg-tan eta 37°C-tan.
- c.- Uretan bilduta, 836 mm Hg-tan eta 37°C-tan.

Datuak: Uraren bapere-presioa, 37°C-tan, 47 mm Hg;

II.C.2.- Barometro batean erabiltzen den likidoaren dentsitatea $0,871 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ -koa da. Likidoaren altura 53,6 cm-koa bada, kalkulatu zein den presioa, mm Hg-tan, atm-tan eta pascaletan.

Datua: $\rho (\text{Hg}) = 13,59 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$

- II.C.3.- Bunsen metxero batek 773 torr-etan eta 28°C-tan, $5 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ metano erretzen dituela jakinik, eta metanoak oxigenoarenkin erreakzionatzen duenean anhidrido karbonikotan eta uretan transformatzen dela kontutan harturik, zenbat litro oxigeno, airean aurkitzen den baldintzetan, eman behar zaio metxeroari minutuko? Airearen oxigeno-edukia, 25°C-tan eta 1 atm-tan, %21a da, bolumenetan.
- II.C.4.- Erreketa batean lorturiko gas batek konposizio hau dauka (ehunekobeste bolumenetan): CO_2 : %10,5; CO : %1,1; O_2 : %7,7 eta N_2 : %80,7. Konportamolde ideala suposatuz, kalkulatu
- a.- Osagai bakoitzaren ehunekobestea, pisutan.
 - b.- Gasaren 1 kg-k betetzen duen bolumena 80°C-tan eta 740 mm Hg-ko presioan.
 - c.- Osagai bakoitzaren batezbesteko abiadura, baldintza standardetan.
- II.C.5.- Demagun honela osotutako nahastura bat daukagula, 224 ml oxigeno, 273,15 K-etan eta 0,25 atm-tan neurtuak, gehi 224 ml hidrogeno, 546,15 K-etan eta 0,75 atm-tan neurtuak. Nahasturaren bolumena 224 ml da 273°C-tan.
- a.- Oxigenoaren eta hidrogenoaren presio partzialak determinatu.
 - b.- Nahastura hau hari bero baten ondoan pasarazten da, posible den ur guztia formaraziz; ur hori gero kendu egiten da. Determinatu zein den gelditzen den gasaren presioa 273°C-tan, bolumena 224 ml izanik.
 - c.- Determinatu nahasturaren presioa ur likidoa ateratzen ez denean, bai 373°C-tan bai 273,15 K-etan. Uraren bapote-presioa arbuia 273,15 K-etan.
- II.C.6.- Temperatura 383 K-etan konstante mantenduz, ondoko erreakzioa matraze itxi batean egiten dugu:
- $$\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
- Erreakzioaren hasieran, 0,010 mol metano eta 0,030 mol oxigeno ditugu, presio totala 1 atm delarik. Temperatura horretan erreakzioa amaitu ondoren, matrazean geratzen diren gasak hoztu egiten dira 283 K-eraino; honela ur guztia kondentsatuz.
- a.- Zein da matrazearen bolumena?
 - b.- Zein da bukaerako presio totala, 383 K-etan?
 - c.- Eta 283 K-etan?
 - d.- Zenbat mol CO_2 agertzen dira 383 K-etan?

- e.- Eta 283 K-etan?
- f.- Zeintzuk dira CO_2 -aren presio partzialak 383 K-etan eta 283 K-etan?

Uraren bapore-presioa 283 K-etan arbuiatu problema honetan.

II.C.7.- 10 litroko matraxe batean 10 g hidrogeno eta 64 g oxigeno nahasten dira. Itxi eta gero, 300°C -raino berotzen da.

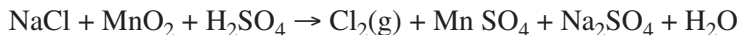
- a.- Zein izango da nahasturaren presio totala?
- b.- Erreakzioa hasteko, txinpart bat eragiten dugu, eta tenperatura konstantea dela suposatuz, zein izango da bukaerako presio totala?

II.C.8.- Gela bateko airean dagoen ur-kantitatea determinatu, baldin bolumena $70,18 \text{ m}^3$, hezetasun erlatiboa, %70, eta tenperatura, 23°C badira. Tenperatura horretan, lurrunaren presioa, 21,07 mm Hg-koa da, eta ur-mol batek 18,016 g pisatzen ditu. Gas ideala kontsideratu.

II.C.9.- Y gas baten konposizioa hau da: %85,7 C eta %14,3 H. Y gehi metano nahastura ekipisutar baten presio totala 1450 mm Hg da, eta metanoaren presio partziala, 1050 mm Hg da. Gasak idealaren moduan konportatzen direla suposatu.

- a.- Determinatu Y gasaren formula molekularra.
- b.- Determinatu Y osagaiaren frakzio molarra nahasturan.
- c.- Bi gasen presio partzialak determinatu, baldin bolumena txikiagotu egiten bada presio totala 2900 mm Hg izan arte.

II.C.10.- Ondoko erreakzioaren bidez lortutako kloroa,



uretan biltzen da, 25°C -tan eta 1 atm-tan. Gero, ur-baporez saturatua, 1 g argon duen 500 ml-ko ganbara batean sartzen da, 20°C -tan, bukaerako presioa 5 atm-koa delarik.

- a.- Erreakzioa, ioi-elektroiaren metodoa erabiliz, adjustatu.
- b.- Ganbaran aurkitzen diren gas guztien presioak kalkulatu.
- c.- Kloroaren bolumena kalkulatu, eta honek daukan ur-molen kopurua, biltzen den baldintzetan (25°C -tan eta 1 atm-tan).

Datuak: $p_{\text{bap}}(\text{H}_2\text{O}, 25^\circ\text{C}) = 23,8 \text{ mm Hg};$
 $p_{\text{bap}}(\text{H}_2\text{O}, 20^\circ\text{C}) = 17,5 \text{ mm Hg}.$

II.C.11.- Ziklopropano gehi oxigeno nahastura batek, 290 K-etan 2 litro betetzen ditu, bakoitzaren presio partzialak, 170 mm Hg eta 570 mm Hg direlarik hurrenez hurren. Nahastea errearazten da. Gasak idealak suposatuz,

- a.- Determinatu lortzen den nahasturaren konposizioa, etekina %100 dela suposatuz.
- b.- Lortzen diren gasen presio partzialak kalkulatu.
- c.- Lortzen den nahasturaren energia zinetiko totala determinatu.

Uraren bapore-presioa arbuiatu.

II.C.12.- 25°C-tan dagoen 1 litroko ganbara batean 200 ml nitrogeno (baldintzak: $T = 30^{\circ}\text{C}$, $p = 750$ mm Hg) eta 300 ml helio (baldintzak: $T = 125^{\circ}\text{C}$; $p = 1200$ mm Hg) sartzen dira. Kalkulatu

- a.- Nitrogeno eta helioaren mol-kopurua eta molekula-kopurua.
- b.- Bi gasen presio partzialak eta presio totala.
- c.- Gas bakoitzaren molekulen batezbesteko abiadura.

Datua: $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$

II.C.13.- 200 cm-ko hodi batean hidrogeno kloruroa eta amoniakoa sartzen dira, bakoitza mutur batetik, eta denbora berean. Determina ze distantziatara, hidrogeno kloruroa sartu den muturretik neurtuta, sortuko den amonio kloruroa.

- II.C.14.-
- a.- Zein da metano molekulen batezbesteko energia zinetikoa, baldintza normaletan?
 - b.- Eta zein 100°C-tan?
 - c.- Zein da molekulen batezbesteko abiadura, baldintza bietan?

II.C.15.- Oxigeno gasaren molekulen batezbesteko abiadura, baldintza normaletan, 46000 cm · s⁻¹ da.

- a.- Determinatu hidrogeno gasaren molekulen batezbesteko abiadura, baldintza berdinetan.
- b.- Ereku grabitazionalak zer erakarriko du gehiago, oxigeno-molekula bat ala hidrogeno-molekula bat?

II.C.16.-

- a.- 2 l-ko A ontzi batean dinitrogeno tetraoxido gasa dago, 40°C-tan eta 740 mm Hg-tan, eta 4 l-ko B ontzi batean, metano gasa, 35°C-tan eta 783 mm Hg-tan.

Determinatu gasen batezbesteko abiaduren arteko erlazioa.

- b.- Gas biak, 3 l-ko C ontzi batean, 60°C-tan, nahasten dira. Determinatu gas bakoitzaren presio partziala eta presio totala. Zein izango da gas-molekula energia zinetiko totala?

II.C.17.- Teoria zinetikoaren arabera determina itzazu karbono oxidoaren, dihidrogenoaren, dinitrogenoaren, amoniakoaren eta metanoaren bero-kapazitateak. c_v -aren balore esperimentalak, 25°C-tan, 20,79; 20,54; 20,71; 27,20; 26,69 J · K⁻¹ · mol⁻¹ dira, hurrenez hurren.

- a.- Bibrazio-energia kontutuan hartu behar da 25°C-tan bero-kapazitatea determinatzeko?
b.- Eta 900°C-tan?

c_v -a kalkulatu kasu bietan.

II.C.18.- 20 l-ko ontzi metaliko batean 1600 g oxigeno daude. Ontziaren hormek jasan dezaketen presio maximoa 150 atm-koa izanik, kalkulatu zein tenperaturataraino berotu daitekeen,

- a.- Gas idealaren moduan.
b.- Van der Waals-en legea betetzen duen gas baten moduan.
c.- Esperimentalki neurtzen den tenperatura 640 K izanik, kasu bakoitzerako ehunekobeste errorea determinatu.
d.- Emaizak eztabaidatu.

Datuak: Van der Waals-en konstanteak oxigenoarentzat
 $a = 1,36 \text{ atm} \cdot \text{l}^2 \cdot \text{mol}^{-2}$, $b = 3,18 \cdot 10^{-2} \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$

II.C.19.- 0°C-tan anhidrido karbonikozko mol batek eta amoniakozko beste mol batek, 447,5 l-ko bolumena betetzen dute, biak egiten duten presioa berdina delarik; alderantziz, 0,3 l-ko ontzi batean sartu ondoren presio desberdina egiten dute. Determinatu

- a.- Gas bakoitzak egiten duen presioa ontzi bietan.
1.- Gas idealaren moduan eta
2.- Van der Waals-en gasaren moduan kontsideratuz.
b.- Esperimentalki neurtutako presioak hauek izanik,

$$p_{\text{CO}_2} = p_{\text{NH}_3} (447,5 \text{ l}) = 0,05 \text{ atm};$$

$$p_{\text{CO}_2} (0,3 \text{ l}) = 48 \text{ atm}; \quad p_{\text{NH}_3} (0,3 \text{ l}) = 39 \text{ atm},$$

erroreak determinatu

- c.- Gas bien emaitzak konparatu, eztabaidatu.

Datuak: Van der Waals-en konstanteak

	$a/\text{atm} \cdot \text{l}^2 \cdot \text{mol}^{-2}$	$b/\text{l}^2 \cdot \text{mol}^{-2}$
CO_2	3,59	$4,27 \cdot 10^{-2}$
NH_3	4,17	$3,71 \cdot 10^{-2}$

II.C.20.- Ganbara batean 10 l etileno daude, tenperatura 323,15 K delarik. Ze pisu-frakzio askatuko litzateke, presioa 150 atm-tik 50 atm-raino jaitsiko balitz?

- a.- Etilenoa gas idealaren moduan konportatzen dela kontsideratu.
- b.- Etilenoa Van der Waals-en gasaren moduan kontsideratu.

Datuak: Van der Waals-en konstanteak etilenoarentzat

$$a = 4,47 \text{ atm} \cdot \text{l}^2 \cdot \text{mol}^{-2} ; b = 0,0571 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

III. Egoera solidoa eta egoera likidoa

A.- GALDERAK

III.1.- Ondoko substantziak egoera solidoan egonik,

HCl, Cl₂, NaCl, CCl₄, Cu, C

Esan, arrazonatuz,

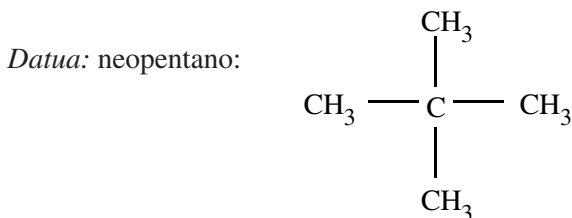
- a.- Zeinek edukiko duen fusio-punturik altuena.
- b.- Elektrizitatea garraiatzeko, zein erabiliko zenukeen.
- c.- Zein izango den deformatzeko zailena.
- d.- Zein izango den egokiena isolatzaile gisa erabiltzeko.

III.2.- Al-a, S-a, eta Si-a, taula periodikoan bata bestetik oso hurbil aurkitzen dira, baina beren konduktibitate elektrikoak oso desberdinak dira, hots, aluminioa metala da, silizioa erdieroalea eta sufrea isolatzailea. Desberdintasun hau azaldu, elementu bakoitzaren egitura elektronikoan oinarrituz.

III.3.- Demagun ondoko substantziak: sodioa, germanioa, metanoa, neona, potasio kloruroa eta ura,

- a.- Van der Waals-en indarren bidez lotutako solido errepresentatiboena aukeratu, inguruko tenperatura baino askoz ere baxuago batean funditzen dena.
- b.- Konduktibitate elektriko handiko solido errepresentatiboena aukeratu, 200°C inguru funditzen dena.
- c.- Atomoak lotura kobalenteen bidez lotutako solido errepresentatiboena aukeratu, fusio-puntu altukoa dena.
- d.- Solido ez-eroale errepresentatiboena aukeratu, funditzerakoan eroale on bihurtzen dena.
- e.- Hidrogeno-loturen bidez lotutako solido errepresentatiboena aukeratu.

III.4.- Molekulen polaritatez eta tamainez gain, solido molekularretan, molekularen formak eragin handia du fusio-tenperaturan. Hau kontutan edukiz, azaldu zergatik n-pentanoa -130°C-tan funditzen den eta neopentanoa, -20°C-tan.



- III.5.- Azaldu ondoko serieen fusio-tenperaturaren ordena, lotura intermolekularren funtzioz:
- a.- H_2O , H_2S , H_2Se , H_2Te .
 b.- CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10} .
- III.6.- A, D, E, F elementuen zenbaki atomikoak 6, 9, 10 eta 11 dira hurrenez hurren. Esan ze solido-mota formatuko duten.
- III.7.- Ikasle batek hau idatzi du: " CF_4 delakoaren irakite-puntua, CCl_4 delakoarena baino altuagoa da, zeren C–F lotura, C–Cl lotura baino sendoago baita". Zientifikoki ze errore dago baieztapen honetan?
- III.8.- Suposatu silizio-kristal batean, ondoko elementuen atomo-kopuru txiki bat sartzen dela. Erdieroaleak formatuko lirateke? Horrela bada, ze motatako erdieroalea?
- a.- Al b.- Sb c.- Se d.- Sn
- III.9.- A konposatu solido bat edukiz,
- a.- Zein edo zeintzu esperimentu egingo zenituzke, A solidoa kristalinoa edo amorfoa den jakiteko?
 b.- Nola determinatu ahal da ze solido-mota den (molekularra, ionikoa, kobalentea edo metalikoa)?
 c.- Ze informazio lor daiteke, X-izpien esperimentu baten bidez?
- III.10.- Tenperatura altxatuz AgBr(s) -a funditzen da AgBr(l) -a formatuz. Ze desberdintasun egongo da egoera bien propietate fisikoen artean? Zer adierazten dute egoera bien X-izpien irudiek?
- III.11.- Ondoko solidoak edukiz,
- Fe, $\text{Fe}_{0,88}\text{S}$, KCl, azukrea ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)

- a.- Ze solido-mota osatzen du bakoitzak?
- b.- Zeintzuk dira edo izan daitezke eroale elektrikoak?
- c.- Zeintzuk izango dira gogorrenak?

III.12.- Ondoko konposatuak egoera solidoan aurkitzen dira:

H_2O , Ag, FeS, Si

- a.- Solido hauen propietateen arteko diferentziak jar itzazu, kasu bakoitzean agertzen diren indar desberdinak argi adieraziz.
- b.- Solido horiek likidotzen badira, nola aldatuko dira beren propietateak? H_2O -aren salbuespenaren zergatikoa adierazi, dentsitatea kontutan hartuz.
- c.- Sare-akatsen eraginez solido hauen propietateak alda daitezke? Adibideak jarri, esplikatuz.

III.13.- Azaldu zergatik, tenperatura berdinean, bromoetano likidoaren tentsio superfiziala iodoetano likidoarena baino txikiagoa den.

III.14.- Ondoko likidoak biskositate hazkorren arabera ordenatu:

a.- $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$ b.- $\text{H}_2\text{C} = \text{O}(\text{l})$ c.- $\text{CH}_4(\text{l})$ d.- $\text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{OH}(\text{l})$

III.15.- Aluminioa beroaren eta elektrizitatearen garraiatzaile ona zergatik den azaldu, silizioa ez den aldetik. Silizioaren konduktibitatea hobea izateko metodoen bat gogoratuko zenuke?

III.16.- Nola azalduko zenuke, zergatik,

- a.- Likidoak, gasak baino gutxiago konprimatzen diren?
- b.- Euri-tantek ia esfera-forma hartzen duten?
- c.- Avogadro-ren zenbakia, X-izpien difrakzioan oinarritutako metodo batekin, determinatzen den?
- d.- X-izpien difrakzioan oinarritutako metodoa, solido kristalinoen sareetan agertzen diren akatsak determinatzeko erabiltzen den?
- e.- n-motako erdiekoalea, Si delakoaren kristal batean fosforoaren kantitate txiki bat sartuz formatzen den, eta ez germanioa sartuz?

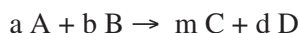
III.17.- Ondoko esaldiak eztabaidatu

$\text{HF}(\text{s})$ -aren fusio-tenperatura, $\text{HCl}(\text{s})$ -arena baino handiagoa da, eta $\text{HCl}(\text{s})$ -arena, $\text{HI}(\text{s})$ -arena baino txikiagoa.

IV. Zinetika kimikoa

A.- GALDERAK

IV.A.1.- Demagun ondoko erreakzioa:



Nola aldatuko dira

- a.- Abiadura-konstantea
- b.- Ordena totala eta ordena partzialak
- c.- Aktibazio-energia
- d.- Erreakzioaren mekanismoa

- 1.- Temperatura gehituz?
- 2.- Katalisatzaile bat erabiliz?
- 3.- Erreakzioaren abiadura-legea, $v = k [A]^a [B]^b$ izango al da? Zergatik?

IV.A.2.- a.- $a A + b B \rightarrow m C + d D$ erreakzioaren ikerketa termodinamikoa eta ikerketa zinetikoa eginez, zer datu lor daiteke?
b.- Erreakzioaren ikerketa orokorra egiteko, ikerketa termodinamikoa eta ikerketa zinetikoa nahikoak dira? Zergatik?

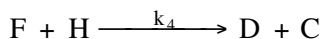
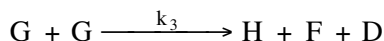
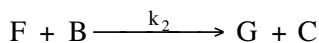
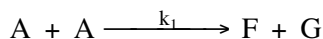
IV.A.3.- Ondoko erreakzioa zinetikoki estudiatu da,



- a.- Nola azal daiteke erreakzio-abiadura gehiago gehitzea A-ren kontzentrazioa gehitzerakoan, proportzio berdinean B-ren kontzentrazioa gehitzerakoan baino?
- b.- Ze eragin du tenperatura-aldakuntzak erreakzioaren
 - 1.- Abiadura-konstantean ?
 - 2.- Aktibazio-energian ?
 - 3.- Mekanismoan ?
- c.- Esperimentalki, erreakzioaren abiadura honela adieraz daitekeela aurkitu da,

$$v = k_{\text{exp}} [A]^2 [B]^{1/2}$$

Ekuazio hau justifikatzeko, ondoko mekanismoa proposatu da,



Mekanismo hau egokia da?

Erantzun guztiak arrazonatu.

IV.A.4.- $A + B \rightarrow C + D$ erreakzioa emanik,

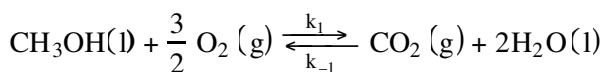
a.- Neurketa esperimentalik egin gabe, erreakzio hau A-rekiko lehen ordenako izango dela eta B-rekiko ere lehen ordenako izango dela esan dezakegu? Justifikatu.

b.- Ze eragin edukiko du erreakzioaren abiadura-legean,

1.- Tenperaturaren aldaketak?

2.- Katalisatzaile baten presentziak?

IV.A.5.- Ondoko erreakzioa 25°C-tan gertatzen da, $\Delta H^\circ = -173 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$ izanik



a.- Posible da erreakzio hau prozesu elemental baten bidez gertatzea? Ze esperimentu egin behar dira erreakzioaren abiadura determinatzeko?

b.- Erreakzioa prozesu konplexu baten bidez gertatzen bada, orekara heltzen denean, oreka-konstantea, k_1 eta k_{-1} esperimentalki neurtuta, k_1/k_{-1} espresioaren bidez determina daiteke?

c.- Oreako kontzentrazioak ezin badira neurtu edo jakin, nola determina daiteke erreakzioaren oreka-konstantea? Ze parametro edo funtzio jakin behar dira?

d.- Erreakzioa 100°C-tan gertatzen bada, aurreko tenperaturatan (25°C) gertatzen denarekin konparatuz,

1.- Nola aldatuko da abiadura-konstantea?

oreka-konstantea?

orekako kontzentrazioak?

2.- Erreakzioaren aktibazio-energia aldatuko da?

3.- Erreakzioa bizkorrago gertatuko da?

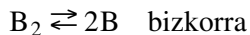
- 4.- Temperatura honetan erreakzio hau espontaneoago den ala ez jakiteko, ze datu edo funtzio ezagutu behar da?

IV.A.6.- 26°C -tan eta 1 atm-tan ondoko erreakzioa gertatzen da,



- a.- Ahalik eta zehazkien azaldu, nola determinatu ahal den erreakzioaren abiadura-konstantea, jakinez erreakzioaren ordena partzialak A- eta B-rekiko ez direla osoak.
- b.- Adibidez, erreakzioaren ordena A-rekiko 1,8 da, eta B-rekiko 0,4.
 - 1.- Segurtatu ahal duzu erreakzioa konplexua den ala ez?
 - 2.- A-ren kontzentrazioaren gehikuntzak, oreka-konstantearen gehikuntza inplikatzeko du?
- c.- Ba dakigu, forma orokor batean, erreakzioaren abiadura-konstantea honela adieraz daitekeela, $k = A e^{-E_a/RT}$. Erreakzioaren abiadura aldatzea, mekanismoa aldatu gabe, posible da
 - 1.- A aldatuz?
 - 2.- E_a aldatuz?
 - 3.- T aldatuz?

IV.A.7.- $\text{A}_2 + \text{B}_2 \rightarrow 2 \text{AB}$ erreakzioa, ondoko mekanismoaren bidez gertatzen dela frogatu izan da,



- a.- Zein da erreakzioaren abiadura-legea?
- b.- Determinatu erreakzioaren aktibazio-energia, prozesu elementalen aktibazio-energien funtzioz.
- c.- Abiadura-legea esperimentalki lortzeko, ezagutzen dituzun metodoen artean zein da egokiena?

IV.A.8.- $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C} + \text{D}$ erreakzioaren ikerketa zinetikoa egiterakoan, faktore hauek determinatu izan dira

- Hasierako abiadura
- Ordena partzialak eta ordena totala
- Abiadura-konstantea
- Aktibazio-energia

Nola aldatuko dira faktore horiek ikerketa guztia berriz egiten denean

- a.- Hasierako kontzentrazioak aldatuz?
- b.- Tenperatura aldatuz?
- c.- Katalisatzaile batekin?

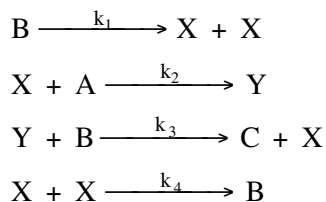
IV.A.9.- A konposatu bat, B konposatu batekin erreakzionatuz, C konposatua lortzen da. Laborategian, erreakzio horren datu hauek lor ditzakegu:

- 1.- A eta B konposatuen kontzentrazioen aldaketak denboran zehar, edozein p eta T baldintzetan.
- 2.- Erreakzioaren ΔH -a eta ΔS -a, edozein tenperatura- eta presio-baldintzetan
 - a.- Nola determinatuko zenuke erreakzioaren aktibazio-energia? Zein da aktibazio-energiaren adierazpen fisikoa?
 - b.- Nola determinatuko zenuke erreakzioaren oreka-konstantea 320 K-etan eta 1 atm-tan?
 - c.- Ze faktore aldatuko zenituzke erreakzioa bizkorragotzeko?

IV.A.10.- 25°C-tan eta 1 atm-tan, $A + B \rightarrow$ emaitzak delako erreakzioaren ordena totala 1 dela, eta gainera ordena partzialak zenbaki osoak eta positiboak izan daitezkeela jakina da. Esperimentalki, erreakzio honetan, A nola aldatzen den denboraren zehar neur dezakegu bakarrik, eta B erreakzionatzailearentzat ezin dugu hori egin. Aipatu ditugun gauzekin,

- a.- Saio edo esperimentu batekin, abiaduraren ekuazioa eta abiadura-konstantea determina daitezke?
- b.- Erreakzio hau elementala izango litzateke? Zergatik?

IV.A.11.- Ondoko mekanismoa betetzen duen abiaduraren ekuazioa aurkitu



Prozesu honen aktibazio-energia, prozesu elementalen aktibazio-energien funtzioz idatzi.

IV.A.12.- A konposatuak B konposatuarekin erreakzionatzen duenean C eta D emateko, ekuazio hau betetzen da,



Ze ontorio edo dedukzio atera zenitzake egitate hauetatik:

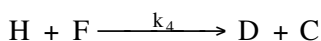
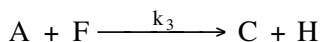
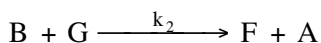
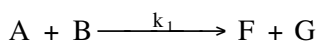
- a.- Erreakzioaren abiadura 10°C-tan, 50°C-tan baino txikiago da.
- b.- Erreakzioaren abiadura bikoiztu egiten da A-ren kontzentrazioa bikoiztu egiten denean.
- c.- A-ren kontzentrazioa soberan mantentzen denean, erreakzioaren erdi-bizitzak ez du B-ren hasierako kontzentrazioaz dependitzen.
- d.- Erreakzioaren oreka-konstantea honela adieraz daiteke:

$$K = \frac{k_1}{k_{-1}}$$

k_1 , erreakzio zuzenaren abiadura-konstantea delarik, eta k_{-1} , alderantzizkoarena.

- e.- Oreka-konstantea oso handia da
- f.- Erreakzioa F konposatuaren aurrean askoz bizkorrago gertatzen da.

IV.A.13.- a.- Egoera estazionarioaren hipotesia, erreakzio baten produktuei eta erreakzionatzaileei aplikatu dakieke? Zergatik? Eta tarteko produktuei? Zergatik? Aplikatu ezazu ondoko mekanismoan,



Zein da erreakzioaren ordena?

- b.- Erreakzio baten abiadura bikoiztu egiten da
 - 1.- Tenperatura, kelvinetan, bikoizten denean
 - 2.- Tenperatura, Celsiusetan, bikoizten denean

Zer gertatzen zaio aktibazio-energiari kasu bakoitzean? Determinatu ahal duzu? Eta zer gertatzen zaio mekanismoari kasu bakoitzean?

B.- PROBLEMA EBATZIAK

IV.B.1.- Tenperatura altuetan, etilamina ondoko erreakzioa jarraituz osorik deskonposatzen da:



Hasieran etilamina bakarrik zegoen, bere presioa 55 mm Hg izanik, eta prozesua bolumen konstantean eta 50°C-tan egin zen. Presio-diferentzia, hasierako presioarekiko, denboran zehar ondoko taulan agertzen dena da:

t/min	1	2	4	8	10	20	30	40
$\Delta p/\text{mm Hg}$	5	9	17	29	34	47	52	53,5

Determinatu erreakzioaren ordena eta abiadura-konstantea.

Ebazpena:

Ekuazio integratuetan oinarritutako metodoak erabiliz, erreakzioaren ordena eta abiadura-konstantea determinatzeko, lehendabizi erreakzionatzaileen kontzentrazioa nola aldatzen den denborarekiko determinatu behar da. Kasu honetan gasak direnez, eta idealaren moduan konportatzen badira, kontzentrazioa eta presioa proportzionalak dira, eta kasu honetan, hasteko, erreakzionatzaileen presioa denborarekiko nola aldatzen den determina dezakegu. Horretarako erreakzionatzaileen presioa Δp -ren funtzioz jarri behar da.

Erreakzioa osoa bada,

	$\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2 (\text{g}) \rightarrow$	$\text{C}_2\text{H}_4 (\text{g}) +$	$\text{NH}_3 (\text{g})$
t = 0	p ₀	–	–
t = t	p ₀ –p	p	p
t = ∞	–	p ₀	p ₀

non p₀, etilaminaren hasierako presioa baita, eta p, erreakzionatu duenaren presioa.

Erreakzioaren edozein momentutan,

$$P_t = P_{C_2H_5NH_2} + P_{C_2H_4} + P_{NH_3} = P_0 - p + p + p = P_0 + p$$

$$\text{Beraz, } \Delta p = p_t - p_0 = p$$

$$P_{C_2H_5NH_2} = P_0 - p = P_0 - \Delta p$$

Beraz, hasierako presioa (p_0), eta denboraren zehar presioaren aldaketa hasierako presioarekiko (Δp) jakinez, etilaminaren presioa eta kontzentrazioa denborarekiko determina daitezke:

$$P_{C_2H_5NH_2} = 55 \text{ mm Hg} - \Delta p \quad [C_2H_5NH_2] = \frac{P_{C_2H_5NH_2}}{R \cdot T}$$

t / min	0	1	2	4	8	10	20	30	40
$P_{C_2H_5NH_2} / \text{mmHg}$	55	50	46	38	26	21	8	3	1,5
$[C_2H_5NH_2] \cdot 10^3$	2,73	2,48	2,28	1,89	1,29	1,04	0,397	0,15	0,07

Ikus dezagun orain zein den ordena eta abiadura-legea. Kontzentrazioa denborarekiko nola aldatzen den dakigunez, ordena eta abiadura-konstantea, ekuazio integratua erabiliz determina daitezke. Ikus dezagun lehendabizi lehen ordenakoa den ala ez; lehen ordenakoa bada, ekuazio hau beteko da:

$$-\frac{d[A]}{dt} = k \cdot [A] \quad \ln [A] = \ln [A]_0 - kt$$

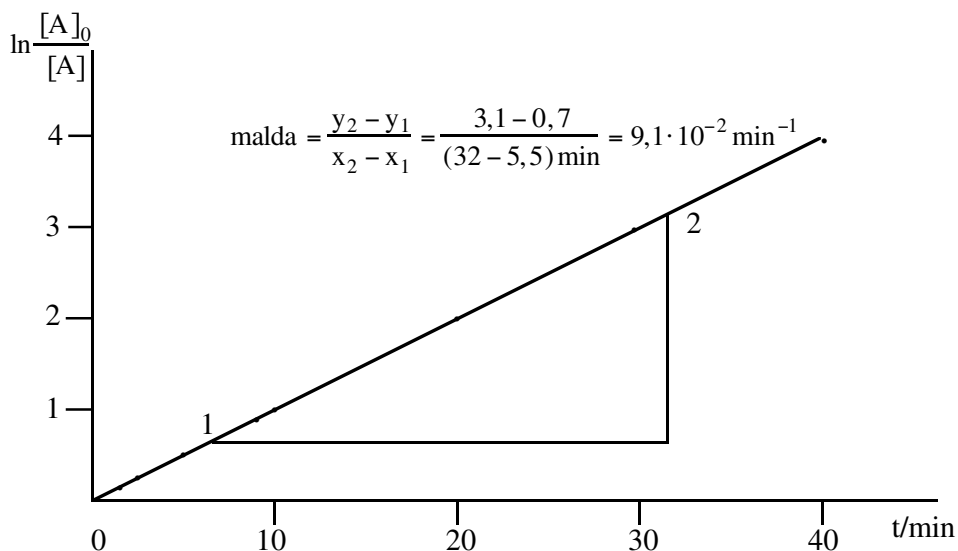
$$\text{edo, } \ln \frac{[A]_0}{[A]} = kt$$

non A, etilamina baita.

$\ln \frac{[A]_0}{[A]}$ versus t errepresentatuz, zuzen bat irteten bada, erreakzioa

lehen ordenekoa da, eta zuzenaren maldatik k atera daiteke:

t / min	0	1	2	4	8	10	20	30	40
$\ln \frac{[C_2H_5NH_2]_0}{[C_2H_5NH_2]}$	0	0,0953	0,179	0,370	0,749	0,963	1,93	2,91	3,60



Zuzen bat ateratzen denez, erreakzio hau lehen ordenekoa da etilaminarekiko, beraz,

$$\begin{aligned} \text{Malda} &= k(\text{abiadura-konstantea}) = 9,1 \cdot 10^{-2} \text{ min}^{-1} \\ k &= 9,1 \cdot 10^{-2} \text{ min}^{-1} \end{aligned}$$

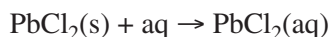
Emaizta: ordena: 1

$$k = 9,1 \cdot 10^{-2} \text{ min}^{-1}$$

IV.B.2.- Berun kloruroaren disolbagarritasuna, tenperatura determinatu batean, $38,66 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ da. Berun kloruroa soberan hartuz, $6,14 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ 1 litro uretan 10,25 minututan disolbatzen dira, eta $24,58 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ 60,0 minututan. Egiaztatu nola berun kloruroaren disoluzio-prozesuak lehen ordenako zinetika bat jarraitzen duen, eta determinatu zenbat denbora beharko den disolbagarritasunaren %90a disolbatzeko, baldintza berdinetan.

Ebazpena

Berun kloruroa disolbatzen denean prozesu hau gertatzen da:



Disolbatzerakoan lehen ordenako zinetika bat jarraitzen dela egiaztatzeko, determinatu behar da nola aldatzen den $\text{PbCl}_2(\text{s})$ -aren kantitatea denboraren zehar. Horretarako datu hauek ditugu:

t/min	10,25	60,0
$[\text{PbCl}_2(\text{aq})]$	$6,14 \cdot 10^{-3}$	$24,58 \cdot 10^{-3}$

Beste alde batetik, berun kloruroaren disolbagarritasuna $38,66 \cdot 10^{-3}$ izateak zera esan nahi du, denbora infinitu batean, $[\text{PbCl}_2(\text{aq})] = 38,66 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ izango dela. Baina disoluzio-prozesuak ze zinetika jarraitzen duen jakiteko, erreakzionatzaileen kontzentrazioa (kantitatea) nola aldatzen den denboraren zehar jakin behar da. Beraz, disolba daitekeen berun kloruroaren kantitate maximoa $38,66 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ litroko dela kontutan hartuz, eta hasieran ($t = 0$) kantitate hori daukagula suposatuz,

$$n(\text{PbCl}_2, \text{s})_{t=t} = n(\text{PbCl}_2, \text{s})_{t=0} - n(\text{PbCl}_2, \text{aq})_{t=t}$$

zera eratzen delarik

t/min	0	10,25	60,0	∞
$n(\text{PbCl}_2, \text{s})$	$38,66 \cdot 10^{-3}$	$32,52 \cdot 10^{-3}$	$14,081 \cdot 10^{-3}$	0

Orain, prozesua lehen ordenakoa izateko ekuazio hau bete behar da:

$$\ln \frac{[A]_0}{[A]} = kt \quad \text{edo} \quad \ln \frac{n(\text{PbCl}_2, \text{s})_0}{n(\text{PbCl}_2, \text{s})} = kt \quad (1)$$

Ekuazio honen egiaztapena grafikoki edo analitikoki egin daiteke, eta kasu honetan bi puntu bakarrik daudenez, hobe da analitikoki egitea. Analitikoki lehen ordenakoa dela egiaztatzeko, k determinatu behar da $t = 10,25 \text{ min}$ eta $t = 60,0 \text{ min}$ denerako, berdinak izan behar direlarik. Orduan,

$$t = 10,25 \text{ min} : \quad \ln = \frac{38,66 \cdot 10^{-3}}{32,52 \cdot 10^{-3}} = k \cdot 10,25$$

$$k = 1,69 \cdot 10^{-2} \text{ min}^{-1}$$

$$t = 60,0 \text{ min} : \quad \ln = \frac{38,66 \cdot 10^{-3}}{14,08 \cdot 10^{-3}} = k \cdot 60,0$$

$$k = 1,68 \cdot 10^{-2} \text{ min}^{-1}$$

Biak berdintsuak direnez, zinetika hau lehen ordenakoa da, abiadura-konstantea bien batezbestekoa izanik,

$$k = 1,68 \cdot 10^{-2} \text{ min}^{-1}$$

Lehen ordenakoa dela egiaztatu ondoren, zenbat denbora behar den disolbagarritasunaren %90a disolbatzeko determina daiteke:

$$n(\text{PbCl}_2, \text{s})_{t=t} = n(\text{PbCl}_2, \text{s})_{t=0} - n(\text{PbCl}_2, \text{aq})_{t=t}$$

$$n(\text{PbCl}_2, \text{s})_{t=t} = 38,66 \cdot 10^{-3} - \frac{38,66 \cdot 10^{-3} \cdot 90}{100} = 3,87 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Eta (1) ekuazioan ordezkatur,

$$\ln = \frac{38,66 \cdot 10^{-3}}{3,87 \cdot 10^{-3}} = 1,68 \cdot 10^{-2} \cdot t$$

$$t = 137 \text{ min}$$

Eraitza: 137 min.

IV.B.3.- Metil bromuroaren hidrolisia, 330 K-etan, lehen ordenakoa da:



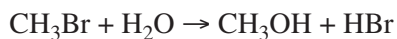
Erreakzioaren abiadura-legea determinatzeko, erreakzioaren muestrak denboraren zehar NaOH-zko disoluzio batekin baloratzen dira. Balorazio bakoitzean 10 ml-ko muestrak erabiliz, gastatzen diren NaOH-zko ml-ak hauek dira:

t/min	0	88	300	412	∞
NaOH/ml	0	5,9	17,3	22,1	49,5

Erreakzioaren abiadura-legea eta abiadura-konstantea determina itzazu.

Ebazpena

Erreakzioaren abiadura-legea eta abiadura-konstantea determinatzeko, erreakzionatzaileen aldaketa denborarekiko determinatu behar da. Metil bromuroaren hidrolisian erreakzionatzaile bi daude:



Baina erreakzioa ur-disoluziotan gertatuko denez, ura soberan egongo da, eta

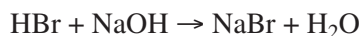
$$v = k[\text{CH}_3\text{Br}]^n \cdot [\text{H}_2\text{O}]^m \quad ; \quad v = k' [\text{CH}_3\text{Br}]^n$$

Beraz, uraren kontzentrazioa zinetika guztiaren zehar konstante mantentzen dela suposa daiteke. Eta zinetika determinatzeko ikusi beharko da nola aldatzen den CH_3Br -aren kontzentrazioa denborarekiko.

Erreakzioaren muestrak momentu desberdinetan NaOH -az baloratzen badira, NaOH -ak formaturiko HBr -a neutralizatuko du, eta zenbat eta HBr gehiago egon, NaOH gehiago beharko da hura neutralizatzeko. Erabilitako NaOH -aren molaritatea M dela suposatuz, gastatu diren NaOH -aren molak hauek dira:

t/min	0	88	300	412	∞
$n_{\text{NaOH}} \cdot 10^3$	0	$5,9 \cdot M$	$17,3 \cdot M$	$22,1 \cdot M$	$49,5 \cdot M$

HBr -aren eta NaOH -aren arteko erreakzioa hau da:



1 mol NaOH -ak, 1 mol HBr neutralizatuko du, beraz, 10 ml-tan dagoen $[\text{HBr}]$ mol-kopurua, gastatu den NaOH -zko mol-kopuruaren berdina izango da, hots, HBr -aren kontzentrazioarena, erreakzio-denboraren zehar, hau da:

t / min	0	88	300	412	∞
$[\text{HBr}]$	0	$\frac{5,9 \cdot M}{10}$	$\frac{17,3 \cdot M}{10}$	$\frac{22,1 \cdot M}{10}$	$\frac{49,5 \cdot M}{10}$

Beste alde batetik, erreakzioaren estekiometria kontutan hartuz, eta erreakzioa osoa dela suposatuz,

	$\text{CH}_3\text{Br} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{HBr}$			
$t = 0$	n	—	—	—
$t = t$	$n - x$	—	x	x
$t = \infty$	0	—	n	n

Beraz, $[\text{CH}_3\text{Br}]_{t=0} = [\text{HBr}]_{t=\infty}$ eta

$$[\text{CH}_3\text{Br}]_{t=t} = [\text{CH}_3\text{Br}]_{t=0} - [\text{HBr}]_{t=t}$$

Orduan, CH_3Br delakoaren kontzentrazioa denboraren zehar honela aldatzen da:

t / min	0	88	300	412	∞
$[\text{CH}_3\text{Br}]$	$\frac{49,5 \cdot \text{M}}{10}$	$\frac{43,6 \cdot \text{M}}{10}$	$\frac{32,2 \cdot \text{M}}{10}$	$\frac{27,4 \cdot \text{M}}{10}$	0

Ikus dezagun orain ea lehen ordenakoa den ala ez, lehen ordenakoa bada, ekuazio hau beteko da,

$$\ln[\text{CH}_3\text{Br}] = \ln[\text{CH}_3\text{Br}]_0 - k \cdot t$$

edo eta

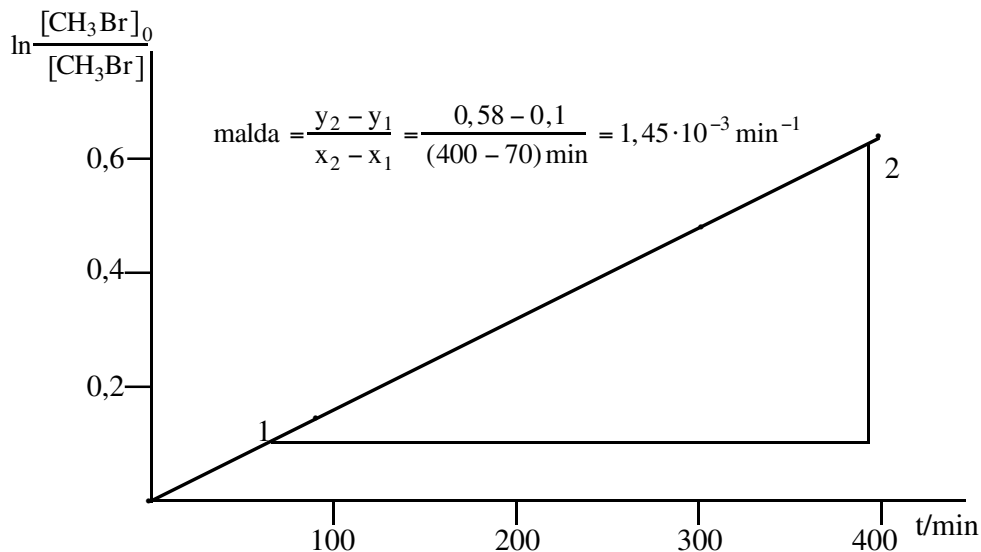
$$\ln \frac{[\text{CH}_3\text{Br}]_0}{[\text{CH}_3\text{Br}]} = k \cdot t$$

honela, ordezkatzera koan M-a desagertu egiten da.

Orain, $\ln \frac{[\text{CH}_3\text{Br}]_0}{[\text{CH}_3\text{Br}]}$ espresioaren balioa denborarekiko determinatuz,

t/min	0	88	300	412
$\ln \frac{[\text{CH}_3\text{Br}]_0}{[\text{CH}_3\text{Br}]}$	0	0,1269	0,4300	0,5914

Kasu honetan hiru puntu daudenez, ($t = 0$ kenduz), problemaren ebazpena grafikoki egitea hobe da, honela $\ln([\text{CH}_3\text{Br}]_0/[\text{CH}_3\text{Br}])$ versus t errepresentatuz, lerro zuzen bat ateratzen bada, erreakzioa lehen ordenakoa izango da metil bromuroarekiko.



Grafikan ikusten denez, lerro zuzen bat atera da, beraz, zinetika lehen ordenakoa da, eta maldatik abiadura-konstantea determinatzen da:

$$\text{malda} = k' = 1,45 \cdot 10^{-3} \text{ min}^{-1}$$

Abiadura-legea, ura soberan dagoenean (konstantea erreakzioan) hau da:

$$v = k' \cdot [\text{CH}_3\text{Br}] \quad \text{eta} \quad k' = 1,45 \cdot 10^{-3} \text{ min}^{-1}$$

k' lehen ordenako pseudokonstantea da, zeren, $k' = k \cdot [\text{H}_2\text{O}]^m$ baita.

Emaitza: $v = k' [\text{CH}_3\text{Br}]; k' = 1,45 \cdot 10^{-3} \text{ min}^{-1}$

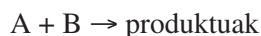
IV.B.4.- Gas-fasean A eta B-ren arteko erreakzio-abiadura neurgarri da, laborategian lorturiko datuak hauek izanik:

Saioa	1	2	3	4	5	6
$[A] \cdot 10^3/\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$	1,0	1,0	1,0	2,0	3,0	4,0
$[B] \cdot 10^3/\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$	0,25	0,50	1,0	2,0	1,0	1,0
$v \cdot 10^9/\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$	0,26	0,52	1,04	8,32	9,36	16,64

- Ordena partzialak eta ordena totala determinatu.
- Zein da erreakzioaren abiadura-legea?
- Zein da erreakzioaren abiadura-konstantea eta bere unitateak?
- Determinatu erreakzioaren abidura $[A] = [B] = 4 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ denean.

Ebazpena

Gertatzen den erreakzioa hau izango litzateke:



Beraz, erreakzio honen abiadura-legeak, honelako forma edukiko luke:

$$v = k \cdot [A]^n \cdot [B]^m$$

Aurreko problema guztietan, produktu baten edo erreakzionatzaile baten kontzentrazioaren aldaketa denboraren zehar eduki izan dugu, eta problemen ebazpena egiteko ekuazio integratua erabili izan dugu. Kasu honetan, A- eta B-ren kontzentrazio determinatu batzurentzat abiadura ezagutzen dugu, eta beraz, ebazpena lortzeko ekuazio diferentziala erabili beharko da.

- A-rekiko ordena determinatzeko, B-ren kontzentrazioa konstante mantenduz, eta $[A]$ -a aldatuz abiadura nola aldatzen den ikusiz determina daiteke. Horretarako problemaren taulatik 3., 5. eta 6. saioak erabiliko ditugu, saio guzti hauetan $[B] = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ baita, eta $[A]$ eta abiadurak hauek dira:

$[A] \cdot 10^3 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$	1,0	3,0	4,0
$v \cdot 10^9 / \text{mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$	1,04	9,36	16,64

Abiadura-legea honela jar daiteke:

$$v = k \cdot [A]^n \cdot [B]^m \quad \text{eta} \quad k \cdot [B]^m = k' \quad \begin{array}{l} \text{eginez, esperimentu} \\ \text{hauetan [B] konstante} \\ \text{baita.} \end{array}$$

$$v = k' \cdot [A]^n$$

eta logaritmoak hartuz,

$$\log v = \log k' + n \cdot \log [A]$$

Beraz, $\log v$ versus $\log [A]$ errepresentatuz, maldatik n determinatuko da, eta kasu honetan hiru puntu ditugunez, grafikoki ebatzi beharrean, analitikoki egingo da; eta ekuazioan ordezkatzuz,

$$\begin{aligned} (1) \log 1,04 \cdot 10^{-9} &= \log k' + n \cdot \log 1,0 \cdot 10^{-3} \\ (2) \log 9,36 \cdot 10^{-9} &= \log k' + n \cdot \log 3,0 \cdot 10^{-3} \\ (3) \log 16,64 \cdot 10^{-9} &= \log k' + n \cdot \log 4,0 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

(1). ekuazioa ken (2). ekuazioa eginez, $\log k'$ desagertu egiten da, eta,

$$\log \frac{1,04 \cdot 10^{-9}}{9,36 \cdot 10^{-9}} = n \cdot \log \frac{1,0 \cdot 10^{-3}}{3,0 \cdot 10^{-3}}; \quad n = 2$$

Gauza berdina atara behar da (2). ekuazioa ken (3). ekuazioa egiterakoan:

$$\log \frac{9,36 \cdot 10^{-9}}{16,64 \cdot 10^{-9}} = n \cdot \log \frac{3,0 \cdot 10^{-3}}{4,0 \cdot 10^{-3}}; \quad n = 2$$

Hemendik erreakzioa [A]-rekiko 2. ordenakoa dela atara daiteke.

Erreakzioaren ordena [B]-rekiko determinatzeko, esperimentu desberdinak egin behar dira [A]-a konstante mantenduz eta [B]-a aldatuz. Horrelakoak dira 1., 2. eta 3. saioak; saio hauetan $[A] = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ da, eta [B] desberdinetarako abiadurak hauek dira,

$[B] \cdot 10^3 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$	0,25	0,50	1,0
$v \cdot 10^9 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$	0,26	0,52	1,04

Kasu honetan ere problemaren ebazpena analitikoki eginez,

$$v = k \cdot [A]^2 \cdot [B]^m; \quad v = k'' \cdot [B]^m \quad \text{non} \quad k'' = k \cdot [A]^2 \quad \text{baita}$$

Logaritmoak hartuz,

$$\log v = \log k'' + m \log [B]$$

eta balioak ordezkatur,

$$\begin{aligned} (1) \log 0,26 \cdot 10^{-9} &= \log k'' + m \log 0,25 \cdot 10^{-3} \\ (2) \log 0,52 \cdot 10^{-9} &= \log k'' + m \log 0,50 \cdot 10^{-3} \\ (3) \log 1,04 \cdot 10^{-9} &= \log k'' + m \log 1,0 \cdot 10^{-3} \end{aligned} \quad \text{nondik } m = 1$$

Beraz, [B]-rekiko ordena, 1 da.

Ordena totala, ordena partzialen batuketaz lortzen denez,

$$\text{ordena totala} = 2 + 1 = 3$$

a.- *Emaitza*: [A]-rekiko ordena, 2; eta [B]-arekiko, 1. Ordena totala = 3

b.- *Emaitza*: Abiadura-legea: $v = k [A]^2 [B]$

c.- Erreakzioaren abiadura-konstantea edozein esperimenteren datuak erabiliz determina dezakegu zeren,

$$v = k \cdot [A]^2 \cdot [B] \quad \text{denez,} \quad k = \frac{v}{[A]^2 \cdot [B]} \quad \text{baita.}$$

Horrela, 1., 3. eta 4. esperimenteretatik, k determinatuko da, eta balio batezbestekoa determinatuko.

$$\begin{aligned} 3.- k &= \frac{v}{[A]^2 \cdot [B]} = \frac{1,04 \cdot 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}}{(1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3})^2 \cdot 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}} \\ &= 1,04 \text{ mol}^{-2} \cdot \text{dm}^6 \cdot \text{s}^{-1} \end{aligned}$$

$$1.- k = \frac{v}{[A]^2 \cdot [B]} = \frac{0,26 \cdot 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}}{(1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3})^2 \cdot 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}} =$$

$$= 1,04 \text{ mol}^{-2} \cdot \text{dm}^6 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$4.- k = \frac{v}{[A]^2 \cdot [B]} = \frac{8,32 \cdot 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}}{(2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3})^2 \cdot 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}} =$$

$$= 1,04 \text{ mol}^{-2} \cdot \text{dm}^6 \cdot \text{s}^{-1}$$

Eta batezbestekoa, $k = 1,04 \text{ mol}^{-2} \text{ dm}^6 \text{ s}^{-1}$

c.- *Emaitza:* $k = 1,04 \text{ mol}^{-2} \cdot \text{dm}^6 \cdot \text{s}^{-1}$

d.- Erreakzio-abiadura kontzentrazioen funtzioz, abiadura-legearen bidez adieraz daiteke:

$$v = k \cdot [A]^2 \cdot [B] = 1,04 \text{ mol}^{-2} \cdot \text{dm}^6 \cdot \text{s}^{-1} \cdot (4 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3})^2 \cdot$$

$$\cdot (4 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}) = 66,56 \cdot 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$$

d.- *Emaitza:* $6,66 \cdot 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$

IV.B.5.- A konposatu bat 500 K-etan, erreakzio hau jarraituz deskonposatzen da:
 $A \rightarrow 2 B + C$. A-ren hasierako kontzentrazioa aldatuz, hasierako abiadura honela aldatzen da:

$[A]_0 \cdot 10^2 / \text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$	4,0	5,0	6,0	8,0	9,0
$v \cdot 10^6 / \text{mol} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$	2,4	2,68	2,94	3,39	3,60

Determina bitez,

- Erreakzioaren ordena eta abiadura-konstantea 500 K-etan.
- Erreakzioaren aktibazio-energia, zera jakinik, 700 K-etan erreakzioaren abiadura 500 K-ekoa baino bi aldiz handiagoa dela.

Ebazpena:

a.- Erreakzio hau,



gertatzen denez, beraren abiadura-legea hau izango da,

$$v = - \frac{d[A]}{dt} = \frac{1}{2} \frac{d[B]}{dt} = \frac{d[C]}{dt} = k \cdot [A]^n$$

non k , abiadura-konstantea baita, eta n erreakzioaren ordena. Erreakzioaren lehen momentuetan, abiadura-legea hau izango litzateke,

$$v_0 = k \cdot [A]_0^n$$

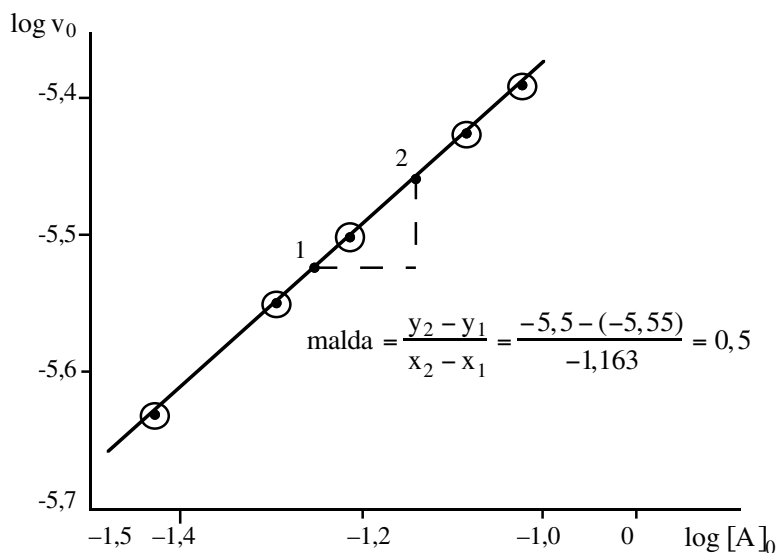
non v_0 , erreakzioaren abiadura lehen momentuetan, eta $[A]_0$ A-ren kontzentrazioa lehen momentuetan. Espresio horren logaritmoa kalkulatz,

$$\log v_0 = \log k + n \log [A]_0$$

Beraz, $\log v_0$ versus $\log [A]_0$ errepresentatuz, maldatik n determina daiteke, eta ordenatutik $\log k$, hots, abiadura-konstantea. $[A]_0$ -ren eta v_0 -ren balioak ezagunak direnez, logaritmoak determinatzen ditugu,

$\log [A]_0$	-1,40	-1,30	-1,22	-1,10	-1,05
$\log v_0$	-5,62	-5,57	-5,53	-5,47	-5,44

Eta errepresentatuz,



n (ordena) = malda = 0,5

Eta abiadura-konstantea determinatzeko, ordenatutik determinatu behar da, horretarako, malda ezaguna denez, ordenatua, y-aren balioa da x berdin zero denean:

$$\text{malda} = \frac{y - y_1}{x - x_1} \quad 0,5 = \frac{y - (-5,5)}{0 - (-1,163)}$$

nondik, $y = \log k = -4,92$

$$k = 1,2 \cdot 10^{-5}$$

Abiadura-konstantearen unitateak abiadura-legea ikusiz determina daitezke:

$$v_0 \left| \text{mol} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \right| = k \left| ? \cdot [\text{A}]_0^{1/2} \right| \left| \text{mol}^{1/2} \cdot \text{l}^{-1/2} \right|$$

$$k \left| \text{mol}^{1/2} \cdot \text{l}^{-1/2} \cdot \text{s}^{-1} \right|$$

Beraz, erreakzioaren ordena 1/2 da, eta abiadura-konstantea,

$$1,2 \cdot 10^{-5} \text{ mol}^{1/2} \cdot \text{l}^{-1/2} \cdot \text{s}^{-1}$$

a.- Emaizta: ordena 1/2; $k = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ mol}^{1/2} \cdot \text{l}^{-1/2} \cdot \text{s}^{-1}$

- b.- Abiadura-konstantearen aldaketa tenperaturarekiko jakinez, erreazioaren aktibazio-energia determina daiteke; honela, Arrhenius-en legeak adierazten duen bezala,

$$k = A \cdot e^{-E_a/RT}$$

non E_a , aktibazio-energia baita, eta A , frekuentzia-faktorea. Gure kasu honetan,

$$T_1 = 500 \text{ K}; \quad k_1 = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ mol}^{1/2} \cdot \text{l}^{-1/2} \cdot \text{s}^{-1}$$

Abiadura 500 K-etik 700 K-etara bikoiztu egiten bada, abiadura-konstantea bikoizten delako izango da, zeren ordena, normalean, ez baita aldatzen tenperaturarekiko.

$$T_2 = 700 \text{ K} \quad k_2 = 2 k_1$$

Arrhenius-en legean logaritmo nepertarrak hartuz,

$$\ln k_1 = \ln A - \frac{E_a}{RT_1}$$

$$\ln k_2 = \ln A - \frac{E_a}{RT_2}$$

zeren E_a (aktibazio-energia) eta A (frekuentzia-fraktorea) Arrhenius-en legearen arabera ez baitira tenperaturarekiko aldatzen.

Espresio bien kenketa eginez,

$$\ln \frac{k_2}{k_1} = - \frac{E_a}{R} \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right]$$

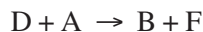
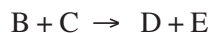
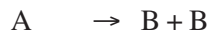
Ordezkatuz,

$$\ln 2 = - \frac{E_a}{8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}} \left[\frac{1}{700 \text{ K}} - \frac{1}{500 \text{ K}} \right]$$

nondik, $E_a = 10,1 \text{ kJ}$.

b.- Emaitza: $E_a = 10,1 \text{ kJ}$

IV.B.6.- Ondoko mekanismoarentzat,

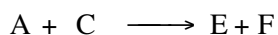
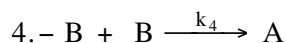
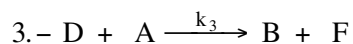
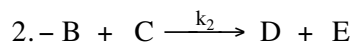
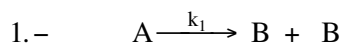


determina itzazu abiadura-legea eta aktibazio-energia, prozesu elementalen funtzioz.

Ebazpena

Mekanismoaren pausu (erreakzio) bakoitza erreakzio elementala dela kontutan hartuz, erreakzio bakoitzaren ordena eta molekularitatea berdinak izango dira. Kasu honetan ez daukagu erreakziorik bestek baino astirotsuago doanik, beraz, erreakzio konplexuaren (globalaren) abiadura-legea determinatzeko egoera estazionarioaren hurbilketa aplikatu dezakegu. Hurbilketa honen suposapen bat zera da, tarteko substantzien kontzentrazioa erreakzioaren zehar ez dela aldatzen, beraz, lehendabizi jakin egin beharko dugu zeintzuk diren tarteko substantziak, hots, mekanismoaren hasieran parte hartzen ez dutenak, erreakzioaren zehar formatzen direnak eta baita ere desagertzen direnak, hots, erreakzionatzaile edo produktu ez direnak.

Horretarako erreakzio globala determinatu behar da, hau erreakzio elemental guztien batuketa izango delarik:



Orduan, tarteko substantziak B eta D dira; eta hauen kontzentrazioa konstante bada erreakzioaren zehar,

$$\frac{d[B]}{dt} = 0 \quad \text{eta} \quad \frac{d[D]}{dt} = 0$$

Erreakzio globalaren abiadura determinatzeko zera determinatu behar da,

$$v = -\frac{d[A]}{dt} = -\frac{d[C]}{dt} = \frac{d[E]}{dt} = \frac{d[F]}{dt}$$

Beraz, mekanismo hori erabiliz, A, C, E edo F-ren kontzentrazioaren denborarekiko dependentzia determinatu behar da. Horretarako, $-d[A]/dt$ determinatuko dugu. Ikus dezagun nola,

Idatz ditzagun pausu guztien abiadura-ekuazioak:

$$1.- A \xrightarrow{k_1} B + B \quad -\frac{d[A]}{dt} = \frac{1}{2} \frac{d[B]}{dt} = k_1 \cdot [A]$$

$$2.- B + C \xrightarrow{k_2} D + E \quad -\frac{d[B]}{dt} = -\frac{d[C]}{dt} = \frac{d[D]}{dt} = \frac{d[E]}{dt} = k_2 [B] \cdot [C]$$

$$3.- D + A \xrightarrow{k_3} B + F \quad -\frac{d[D]}{dt} = -\frac{d[A]}{dt} = \frac{d[B]}{dt} = \frac{d[F]}{dt} = k_3 [D] \cdot [A]$$

$$4.- B + B \xrightarrow{k_4} A \quad -\frac{1}{2} \frac{d[B]}{dt} = \frac{d[A]}{dt} = k_4 \cdot [B]^2$$

Eta $-d[A]/dt$ globala, $-d[A]/dt$ guztien gehiketa izango da:

$$-\frac{d[A]}{dt} = k_1 \cdot [A] + k_3 \cdot [D] \cdot [A] - k_4 [B]^2$$

Abiadura-lege honetan tarteko substantzien kontzentrazioak agertzen dira, hauek legean agertu ezinak direnez, espresioa gehiago

landu behar da. Horretarako, kontutan hartuko dugu ezen $d[B]/dt = 0$ eta $d[D]/dt = 0$ direla. Mekanismoa erabiliz,

$$\frac{d[B]}{dt} = 2 \cdot k_1 \cdot [A] - k_2 \cdot [B] \cdot [C] + k_3 \cdot [D] \cdot [A] - 2 \cdot k_4 \cdot [B]^2 = 0$$

$$\frac{d[D]}{dt} = k_2 \cdot [B] \cdot [C] - k_3 \cdot [D] \cdot [A] = 0$$

Beraz, $[B]$ eta $[D]$ erreakzionatzaileen eta produktuen funtzioa determinatzeko bi ekuazio hauek ditugu:

$$\text{I.-} \quad 2 \cdot k_1 \cdot [A] - k_2 \cdot [B] \cdot [C] + k_3 \cdot [D] \cdot [A] - 2 \cdot k_4 \cdot [B]^2 = 0$$

$$\text{II.-} \quad k_2 \cdot [B] \cdot [C] - k_3 \cdot [D] \cdot [A] = 0$$

Biak gehituz,

$$2 \cdot k_1 \cdot [A] - 2 \cdot k_4 \cdot [B]^2 = 0 \quad [B] = \left(\frac{k_1}{k_4} \right)^{1/2} [A]^{1/2}$$

$[D]$ -ren kontzentrazioa determinatzeko erreakzionatzaileen eta produktuen funtzioz, $[B]$ -ren balioa II. ekuazioan ordezkatzeko da,

$$k_2 \left(\frac{k_1}{k_4} \right)^{1/2} [A]^{1/2} \cdot [C] - k_3 \cdot [D] \cdot [A] = 0,$$

$$[D] = \frac{k_2}{k_3} \left(\frac{k_1}{k_4} \right)^{1/2} [A]^{-1/2} [C]$$

$[B]$ -ren eta $[D]$ -ren balioak erreakzio globalaren abiadura-legean ordezkatzuz,

$$\begin{aligned} -\frac{d[A]}{dt} &= k_1 \cdot [A] + k_3 \cdot [D] \cdot [A] - k_4 \cdot [B]^2 \\ &= k_1 \cdot [A] + k_3 \cdot \frac{k_2}{k_3} \left(\frac{k_1}{k_4} \right)^{1/2} [A]^{-1/2} [C] \cdot [A] - k_4 \left[\left(\frac{k_1}{k_4} \right)^{1/2} [A]^{1/2} \right]^2 \end{aligned}$$

$$v = - \frac{d[A]}{dt} = k_2 \cdot \left(\frac{k_1}{k_4} \right)^{1/2} [A]^{1/2} [C]$$

$$v = k \cdot [A]^{1/2} [C], \quad \text{non } k = k_2 \left(\frac{k_1}{k_4} \right)^{1/2} \text{ baita}$$

eta k_1 , k_2 eta k_4 , prozesu elementalen abiadura-konstanteak direlarik.

Aktibazio-energia determinatzeko kontutan hartu behar dena Arrhenius-en legea da, lege hau erreakzio elementalek ere betetzen dutelarik, beraz,

$$k = k_2 \cdot \left(\frac{k_1}{k_4} \right)^{1/2} \text{ denez, eta } k_1 = A_1 \cdot e^{-E_1/RT}$$

E_1 , 1. erreakzioaren aktibazio-energia delarik.

Beste erreakzioekin berdin,

$$k_2 = A_2 \cdot e^{-E_2/RT} \qquad k_4 = A_4 \cdot e^{-E_4/RT}$$

Orduan,

$$\begin{aligned} k_2 \left(\frac{k_1}{k_4} \right)^{1/2} &= A_2 e^{-E_2/RT} \cdot \left(\frac{A_1 \cdot e^{-E_1/RT}}{A_4 \cdot e^{-E_4/RT}} \right)^{1/2} = \\ &= A_2 \cdot \left(\frac{A_1}{A_4} \right)^{1/2} \cdot e^{-\left[E_2 + \frac{1}{2}(E_1 - E_4) \right]/RT} \end{aligned}$$

Arrhenius-en legearekin konparatuz,

$$k = A \cdot e^{-E/RT}$$

$$A = A_2 \cdot \left(\frac{A_1}{A_4} \right)^{1/2} \qquad E = E_2 + \frac{1}{2}(E_1 - E_4)$$

$$\text{Emaitza } v = k [A]^{1/2} [C], \text{ non } k = k_2 \cdot \left(\frac{k_1}{k_4} \right)^{1/2};$$

$$E = E_2 + \frac{1}{2}(E_1 - E_4)$$

C.- PROBLEMAK

IV.C 1.- Lehen ordenako erreakzio batean, erreakzionatzaileen %20ek ordu erdian erreakzionatzen dute. Determinatu erreakzionatzaileen %95a produktu bihurtzeko behar den denbora.

IV.C.2.- Nitroamida, ur-disoluziotan, erreakzio hau jarraituz deskonposatzen da,



Prozesua lehen ordenakoa dela jakinik, determinatu erreakzioaren abiadura-legea eta abiadura-konstantea. Erreakzioa N_2O -aren bolumena 15°C -tan eta 1 atm-tan neurtuz jarraitzen da,

N_2O , V/cm ³	10,91	12,8	18,93
t /min	150	200	∞

Determinatu, halaber, erreakzioaren erdi-bizitza.

IV.C.3.- Dimetil eterraren deskonposizio termikoa, gas-fasean, jarraitu da, sistemaren presio-aldaketak neurtuz. Erreakzioa hau da.



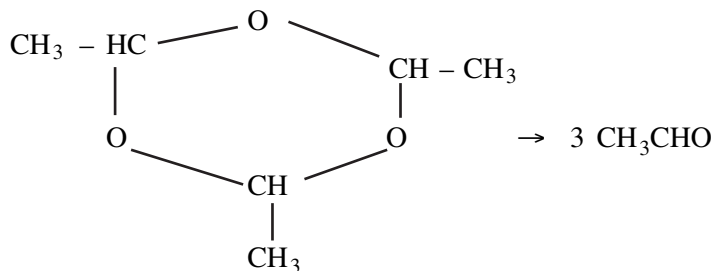
505°C -tan neurturiko ondoko datuetan oinarrituz, eta eterraren hasierako presioa 312 mm Hg zela jakinik, determinatu abiadura-konstantea eta abiadura-legea,

t/s	390	777	1195	3155
$\Delta p/\text{mm Hg}$	96	176	250	467

IV.C.4.- $\text{N}_2\text{O}_5(\text{g})$ -a, 45°C -tan, $\text{O}_2(\text{g})$ -tan eta NO_2 -tan deskonposatzen da. Erreakzioaren ordena eta abiadura-konstantea determinatu, N_2O_5 -aren presioa honela aldatzen dela jakinik,

t/s	0	600	1200	2400	3600	4800	6000	7200
$P_{\text{N}_2\text{O}_5}/\text{mm Hg}$	348	247	185	105	58	33	18	10

IV.C.5.- Paraaldehido gaseosoaren deskonposizioa, azetaldehido gaseosoa emateko, ondoko ekuazioz errepresenta daiteke:



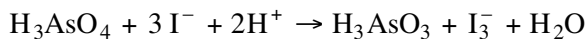
eta 260°C-tan jarraitu izan da sistemaren presio osoaren aldaketa denborarekiko neurtuz. Presio osoarentzat ondoko baloreak lortu dira, denborarekiko:

t/ ordu	0	1	2	3	4	∞
P _{osoa} /mm Hg	100	173	218	248	265	300

- Denbora bakoitzean deskonposatu den paraaldehidoaren frakzioa kalkulatu.
- Errepresentazio grafikoz, erreakzioa 1. ala 2. ordenakoa den ikusi.
- 260°C-tan, abiadura-konstantea determinatu.
- Erreakzioaren aktibazio-energia 40,2 kcal · mol⁻¹ dela jakinik, 280°C-tan eta 1 ordutan deskonposatzen den paraaldehidoaren frakzioa determinatu.

IV.C.6.- Kloro gasak eta oxido nitriko gasak, ekuazio hau jarraituz erreakzionatzen dute, $2 \text{ NO} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{ NOCl}_2$. Esperimentalki, zera aurkitzen da, bi erreakzionatzaileen kontzentrazioak bikoiztu egiten direnean, erreakzioaren abiadura zortzi aldiz gehitzen dela. Baina kloroaren kontzentrazioa bakarrik bikoizten denean, abiadura bikoiztu egiten da. Erreakzioaren ordena partzialak eta ordena totala determinatu.

IV.C.7.- Ondoko erreakzioaren hasierako abiadurak, erreakzionatzaileen kontzentrazioak aldatuz neurtu dira,



$v_0 \cdot 10^7 / \text{mol} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$	$[\text{H}_3\text{AsO}_4]_0 / \text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$	$[\text{I}^-]_0 / \text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$	$[\text{H}^+]_0 / \text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$
2,8	0,01	0,2	0,1
5,6	0,01	0,4	0,1
5,6	0,02	0,2	0,1
2,8	0,02	0,4	0,05
5,5	0,08	0,1	0,07
2,7	0,04	0,1	0,07

Determinatu:

- Erreakzioaren abiadura-legea; ordena partzialak, ordena totala eta abiadura-konstantea adieraziz.
- Erreakzioaren abiadura, $[\text{H}_3\text{AsO}_4]_0 = 0,03 \text{ M}$, $[\text{I}]_0 = 0,3 \text{ M}$ eta $[\text{H}^+]_0 = 0,2 \text{ M}$ direnean.

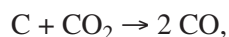
IV.C.8.- Amoniakoaren deskonposizioa aztertuz, ondoko datuak lortu dira,

$[\text{NH}_3] / \text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$	2,000	1,993	1,987	1,000
t/s	0	1	2	$t_{1/2}$

Erreakzioa lehen ordenakoa dela jakinik, determinatu,

- Abiadura-legea eta abiadura-konstantea
- Erdi-bizitza

IV.C.9.- Ondoko erreakzioaren abiadura determina,



zera jakinik, 1800 l CO, 1,5 minututan lortu direla.

IV.C.10.- Radio izeneko elementu erradioaktiboa, lehen ordenako zinetika jarraituz espontaneoki deskonposatzen da. $25 \frac{1}{3}$ urtetan %1a deskonposatzen dela jakinik, determinatu deskonposaketaren erdi-bizitza.

IV.C.11.- Eter dimetilikoen deskonposaketa $\text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g}) \rightarrow \text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$, lehen ordenako erreakzioa da. Lehen momentuan eterra

100 mm Hg-tan aurkitzen da, A minutu behar direlarik presio totala 200 mm Hg izateko. Determinatu denbora (A-ren funtzioz) ontziaren presioa

- a.- 250 mm Hg izateko.
- b.- 298 mm Hg izateko.

IV.C.12.- Azido organiko bat, katalisatzaile bezala azido mineral bat erabiltzen denean, lehen ordenako zinetika jarraituz deskonposatzen da. Bere abiadura-legea determinatzeko, erreakzio-muestrak denboraren zehar baloratzen dira. Erreakzioaren lehen momentuan, 19,04 ml alkali behar dira neutralizatzeko; 76,0 minutu pasatuz, 16,90 ml, eta erreakzioa bukatzen denean, 10,71 ml. Ze alkali-bolumen behar da 204 minutu pasatu direnean?

IV.C.13.- Temperatura egokian, katalisatzaile bat erabiliz, ur oxigenatuzko disoluzio bat oxigenotan eta uretan deskonposatzen da. Deskonposaketaren erdian, 20,6 ml oxigeno, baldintza normaletan, neurtu dira. 9,2 minututan, 0,00161 mol ur oxigenatu deskonposatzen dira, eta 30,8 minututan, 30,2 ml oxigeno, baldintza normaletan, neurtu dira. Datu hauek erabiliz, determina daiteke erreakzioaren ordena?

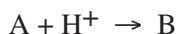
IV.C.14.- Dinitrogeno pentoxido delakoa, disolbatzaile gisan karbono tetrakloruroa erabiliz, ondoko erreakzioaren bidez deskonposatzen da.



Dinitrogeno pentoxidoa eta nitrogeno dioxidoa, karbono tetraklorurotan disolbagarriak dira, eta oxigenoa ez. Erreakzioaren zinetika, oxigeno-kantitatea neurtuz jarraitu da. Ondoko datuak erabiliz, beti baldintza berdinetan hartuak, determinatu abiadura-legea eta abiadura-konstantea.

t/s	0	2900	4800	7200	9600	14400	16800	19200	∞
O ₂ /ml	0	15,65	27,65	37,7	45,85	58,3	63,0	66,85	84,85

IV.C.15.- Ondoko erreakzioaren zinetika estudiantu da



- a.- 45°C-tan, H⁺-aren kontzentrazioa $4,5 \cdot 10^{-2}$ M-etan konstante mantentzen denean, datu hauek lortzen dira denboraren zehar.

t/orduak	0	4	8	12	16	20
A/mol · l ⁻¹	0,100	0,0891	0,0796	0,0707	0,0630	0,0561

Zein da erreakzioaren ordena partziala A-rekiko?

- b.- Temperatura berdinean, baina H⁺-ren kontzentrazioa 10⁻¹ M-etan mantenduz, k' = 6,44 · 10⁻² (unitateak, a atalekoak) dela aurkitzen da. Zein da erreakzioaren ordena partziala H⁺-rekiko? Eta ordena totala? Determinatu erreakzioaren abiadura-legea.

- IV.C.16.- A-ren eta B-ren arteko erreakzio hipotetiko batean, hasierako abiadurak neurtu dira. B-ren hasierako kontzentrazioa konstante mantenduz (10⁻⁵ mol · cm⁻³), ondoko datuak lortu dira:

[A] ₀ · 10 ⁶ /mol · cm ⁻³	10	7	4	2	1
v ₀ · 10 ⁸ /mol · cm ⁻³ · s ⁻¹	31,6	22,1	12,7	6,32	3,16

Alderantziz, A-ren kontzentrazioa inisiala konstante mantenduz, (10⁻⁵ mol · cm⁻³), ondoko datuak lortu dira.

[B] ₀ · 10 ⁶ /mol · cm ⁻³	10	7	4	2	1
v ₀ · 10 ⁷ /mol · cm ⁻³ · s ⁻¹	3,16	2,65	2,05	1,41	1,0

Determinatu erreakzioaren ordena partzialak, ordena totala, abiadura-konstantea, eta abiadura-legea.

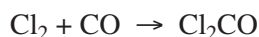
- IV.C.17.- A-ren eta B-ren arteko erreakzio hipotetiko batean, B-ren hasierako kontzentrazioa oso altua eta soberan dagoelarik, B = 10 mol · cm⁻³, datu hauek lortu izan dira,

[A] · 10 ⁶ /mol · cm ⁻³	10,0	9,14	7,91	7,01
t/s	0	10	30	50
[A] · 10 ⁶ /mol · cm ⁻³	5,65	3,92	2,69	2,04
t/s	100	200	350	500

Determinatu, $A + B \rightarrow$ produktuak,

- a.- erreakzioaren ordena partzialak eta ordena totala, jakinik, A-ren kontzentrazioa soberan jartzen denean, erreakzioaren erdi-bizitza B-rekiko independentea dela.
- b.- erreakzioaren abiadura-konstantea.

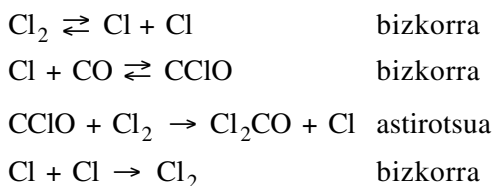
IV.C.18.- Kloroak, karbono monoxidoarekin erreakzionatuz, fosgenoa ematen du,



Esperimentalki neurtuz, abiadura-lege hau lortzen da,

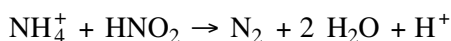
$$\frac{d[\text{Cl}_2\text{CO}]}{dt} = k_{\text{exp}} [\text{Cl}_2]^3 [\text{CO}]$$

Proposatzen den mekanismoa hau da,

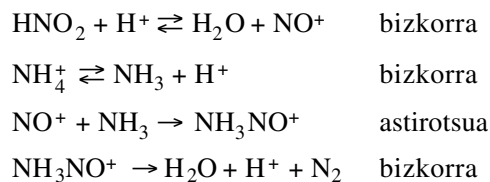


Determinatu mekanismo hau posible den ala ez, eta posible bada, determinatu k_{exp} eta E_a , prozesu elementalen k eta E_a -ren funtzioz.

IV.C.19.- Inguru azido batean, ondoko erreakzioa gertatzen da,



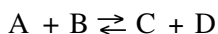
Abiadura-legea $[\text{NH}_4^+]$, $[\text{HNO}_2]$ eta $[\text{H}_2\text{O}]$ -aren funtzioz determinatu, jarraitzen den mekanismoa hau dela jakinik,



k_{exp} eta E_a determinatu halaber, prozesu elementalen k eta E_a -ren funtzioz.

- IV.C.20.- Mekanismo hau kontsideratuz, egoera estazionarioa aplikatuz, eta molekula guztien kontzentrazioa antzekoa dela kontsideratuz, determinatu k_1 , k_{-1} eta k_2 -ren arteko erlazioa, ondoko abiadura-legeak jarraitzeko.

Mekanismoa,

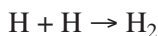
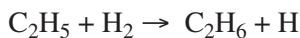
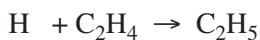
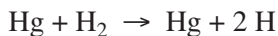


Abiadura-legeak,

$$\text{a.} - \frac{d[F]}{dt} = k [A] [B] [E] [D]^{-1}$$

$$\text{b.} - \frac{d[F]}{dt} = k' [A] [B]$$

- IV.21.- Etilenoaren hidrogenazioan, katalisatzaile gisan merkurioa erabiliz azaltzeko, ondoko mekanismoa proposatu izan da,



Etanoaren formazioaren abiadura-legea determinatu, merkurio, hidrogeno eta etilenoaren funtzioz. Erreakzio guztien abiadura berdintsua dela suposatu. Determinatu k eta E_a halaber.

- IV.C.22.- $2A + B \rightarrow P$ erreakzioarentzat ondoko datuak lortu ziren 25°C-tan, eta B-ren kantitate gehiegizko bat zuen disoluzio batetan. ($[B]_0 = 2 \text{ M}$)

t/s	0	10	20	30	40	50	60	70
$[A] \cdot 10^3/\text{M}$	10,00	7,95	6,31	5,00	3,92	3,16	2,50	1,90

- a.- Erreakzioaren ordena A-rekiko kalkulatu grafikoki.
- b.- A-ren kantitate gehiegizko bat erabiltzen denean, B-ren kontzentrazioa erdira jaisteko behar den denborak hasierako kontzentrazioez ez duela dependitzen jakinik, erreakzioaren abiadura-konstantea kalkulatu.
- c.- Erreakzioaren aktibazio-energia kalkulatu, baldin 50°C -tan prozesuaren abiadura hirukoizten dela ikusten bada.

IV.C.23.- 35°C -tan, dinitrogeno pentoxido delakoa 20 minututan, %15,8an deskonposatzen da, eta 50 minututan %35ean. Determinatu deskonposaketaren ordena. 45°C -tan, 3,69 aldiz bizkorrago deskonposatzen dela jakinik, erreakzioaren Arrhenius-en erlazioaren E_a eta A determinatu.

IV.C.24.- Dinitrogeno pentoxidoaren deskonposaketaren abiadura-konstantea, karbono tretakloruroa disolbatzaile bezala erabiliz, $6,2 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ da, 45°C -tan. Erreakzioaren abiadura-konstantea 100°C -tan determinatu, erreakzioaren aktibazio-energia $24,7 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$ dela jakinik.

IV.C.25.- A substantzia bat deskonposatzerakoan, abiadura-konstanteak tenperatura desberdinetan hauek dira,

T/K	338	328	318	308	298	273
$k \cdot 10^5/\text{s}^{-1}$	487	150	49,8	13,5	3,46	0,0787

Arrhenius-en erlazioaren E_a eta A grafikoki determinatu.

V. Termodinamika

A.- GALDERAK

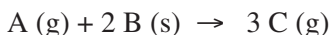
V.A.1.- Ondoko erreakzioa 300 K-etan gertatzen da:



Erreakzio honen beroa, presioa konstante mantenduz, -200 kcal dela, eta produktuen entropia erreakzionatzaileen entropia baino handiagoa dela jakinik, esan azpiko esaldietatik zeintzuk diren zuzenak eta zeintzuk ez, erantzunak azalduz.

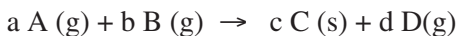
- a.- Erreakzioa espontaneo da.
- b.- Erreakzioa endotermikoa da.
- c.- Erreakzionatzaileen energia produktuen energia baino handiagoa da.
- d.- Tenperatura baxatuz, erreakzioaren espontaneitatea handiagoa da.

V.A.2.- Ondoko erreakzioaren beroa, presioa konstante mantenduz, -210 kcal da



- a.- Erreakzioa $1/2 A (g) + B (s) \rightarrow 3/2 C (g)$ bada, beroa berdina izango litzateke? Zergatik? Funtzio hau intentsiboa ala estentsiboa da? Erantzunak azaldu.
- b.- Kasu bietan, barne-energiaren aldaketa nola determina daiteke? Bietan berdina izango da? Nola aldatuko da?
- c.- Kasu bietan, tenperatura gehituz, entalpia-aldaketa nola aldatuko litzateke?

V.A.3.- Ondoko erreakzioa 400 K-etan eta 1 atm-tan egiten da:



Erreakzionatzaile eta produktu guztien bero-kapazitateak tenperaturaren funtzioz, eta presioa konstante mantenduz, ezagutzen dira, eta baita ere entropia standard absolutuak 298 K-etan, eta formazio-entalpia standardak 298 K-etan.

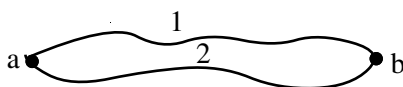
Hau guztiau kontutan hartuz, nola erabiliko zenituzke datu horiek eta zer egingo zenuke,

- 1.- a.- Erreakzioa endotermikoa ala exotermikoa den jakiteko.
b.- Erreakzioa espontaneo den ala ez jakiteko.
- 2.- Erreakzioaren espontaneitatea tenperaturarekin aldatzen den jakiteko.
- 3.- Erreakzioaren etekina oso handia den ala ez jakiteko. Nola?
- 4.- Erreakzioa, presioa konstante mantenduz egin beharrean, bolumena konstante mantenduz egiten bada, zer egingo zenuke espontaneo den ala ez jakiteko? Zer jakin behar duzu?

V.A.4.- $a A (s) + b B (g) \rightarrow m C (g) + d D(g)$ delako prozesuan B, C eta D gas idealaren moduan konportatzen dira, eta A solidoa da. Determina ze baldintza bete behar den

- a.- ΔE berdin sistemak absorbatzen duen beroa (q) izan dadin.
- b.- ΔE berdin sistemaren kontra egiten den lana izan dadin.
- c.- ΔE berdin ΔH izan dadin, prozesua isotermikoa bada.

V.A.5.- Suposa dezagun a-egoeratik (A + B) b-egoerara (C+D), 1 eta 2 bideetatik joan daitekeela:



a.- Prozesuari buruz ez bada gehiagorik esaten, ondoko ekuazioetatik zeintzuk aplika daitezke?

- 1.- $q_1 = q_2$
- 2.- $\Delta H_1 = \Delta H_2$
- 3.- $\Delta H_1 = \Delta E_2$
- 4.- $\Delta G_2 = \Delta H_1 - T\Delta S_1$
- 5.- $w_1 = w_2$
- 6.- $\Delta S_1 = q_1/T$

- b.- Azaldu nolakoa izan behar duen prozesuak, aurreko ekuazio bakoitza bete dadin.
- c.- Erreakzio hau 1 bidetik, presioa konstante mantenduz gertatzen bada, sistemak absorbatzen duen beroa $20 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$ da. Honek esan nahi al du erreakzioa espontaneo ez dela?

V.A.6.- Ondoko prozesua emanik, $a A (g) + b B (s) \rightarrow c C (s) + d D(g)$,
 $\Delta H_{298} = -30 \text{ kcal}$, non A eta D idealki konportatzen diren,

- a.- Informazio hori erabiliz, esan ahal da erreakzioa espontaneo den ala ez?
- b.- Ze baldintzetan sistemak absorbatzen duen beroa erreakzioaren ΔE -ren berdina izango da?
- c.- Nola izango dira afektatuak errakzioaren ΔH , ΔE , eta ΔG -a, erreakzioaren ekuazioa 2 batez biderkatzen denean? Hemendik, propietateok intentsiboak direla ondoria daiteke?

V.A.7.- Grafitoaren eta diamantearen formazio-beroak eta entropia absolutuak 298 K-etan hauek dira:

	ΔH_f (kcal/mol)	S (cal/mol · K)
diamantea	0,450	0,58
grafitoa	0	1,36

Diamante $\rightarrow$ grafito prozesua kontsideratuz, galdera hauek erantzun itzazu, arrazonatuz.

- a.- 298 K-etan eta 1 atm-tan prozesu hau espontaneo al da?
- b.- Aurreko galderaren erantzuna kontsideratuz, zergatik ez dago, gau batean, diamantea grafito bihurtzeko beldurrik?

V.A.8.- Ondoko baieztapenak zuzenak ala okerrak dira?

- a.- Edozein erreakzioaren ΔH° -k ez du tenperaturaz dependitzen.
- b.- Termodinamikak aldakuntza kimiko baten direkzioa adierazten digu, eta baita ere bere abiadura.
- c.- Erreakzio espontaneo guztiak exotermikoak dira.
- d.- O_2 -aren eta $H^+(aq)$ -aren entropia absolutuak, baldintza standardetan eta 298 K-etan, 0 dira.
- e.- Prozesu baten entropia-aldaketa, edozein tenperaturatan, honela determina daiteke: $\Delta S = \Delta H/T$

V.A.9.- Zertan oinarritzen gara Hess-en legearen bidez propietate termodinamikoak determina daitezkeela esateko? Justifikatu, kasu hipotetiko bati aplikatuz.

Noiz eta ze baldintzetan esan dezakegu prozesu batean $\Delta S = \Delta H/T$ betetzen dela?

B.- PROBLEMA EBATZIAK

V.B.1.- Zilindro batean gas ideal baten mol bat, enbolo baten bidez, 298 K-etan eta 10^7 Pa-etan mantentzen da. Enboloa etapa batzuren bidez askatu egiten da, lehendabizi $5 \cdot 10^6$ Pa-eraino, gero 10^6 Pa-eraino eta azkenez, 10^5 Pa-eraino. Determinatu gasak egiten duen lana:

- a.- Espantsio hauek isotermikoki eta itzulezinki egiten badira.
- b.- Espantsio hauek etapa bakar batean eta isotermikoki eta itzulgarriki egiten badira.

Ebazpena:

- a.- Zilindroaren barnean dagoen gasaren baldintzak honela aldatuko dira prozesu bakoitzean, kontutan hartuz prozesuak isotermikoak direla, eta prozesu bakoitzaren bukaeran sistemak orekan egon behar duela, hots, gasaren presioa, enboloarekin egiten den presioaren berdina izango dela.

1 mol	1 mol	1 mol	1 mol
10^7 Pa	$5 \cdot 10^6$ Pa	10^6 Pa	10^5 Pa
298 K	→ 298 K	→ 298 K	→ 298 K
V_1	V_2	V_3	V_4

Gasa ideala denez, gas idealaren egoera-ekuazioa aplikatuz bolumena determina dezakegu:

$$\begin{aligned}
 p_1 V_1 &= nRT; & V_1 &= \frac{1 \text{ mol} \cdot 8,314 \times \text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 298 \text{ K}}{10^7 \text{ Pa}} = \\
 & & &= 2,48 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Era berdinean eginez, } V_2 &= 4,96 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \\ V_3 &= 2,48 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \\ V_4 &= 2,48 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3\end{aligned}$$

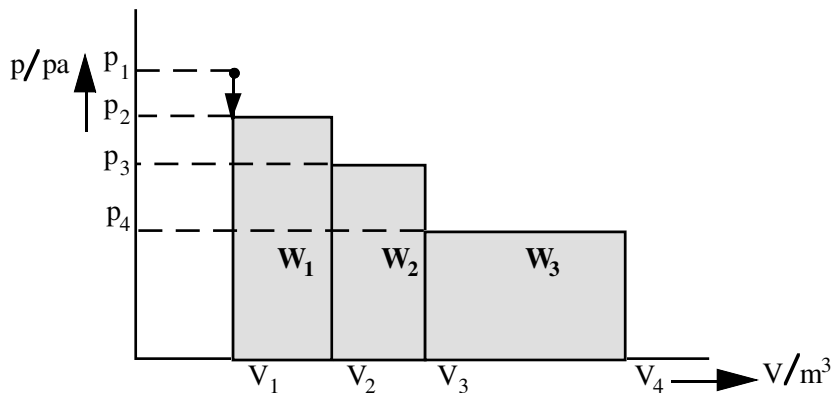
Eta gasak egiten duen lana hau izango da:

$$W_{\text{gas}} = \int_V^{V'} p_{\text{kanpo}} dV$$

p_{kanpo} pausu bakoitzean konstante izanez:

$$W_{\text{gas}} = \int_V^{V'} p_{\text{kanpo}} dV = p_{\text{kanpo}} (V' - V)$$

Kanpo-presioa gasak betetzen duen bolumenarekiko errepresentatuz,



Azalera lana delarik, eta $W_{\text{osoa}} = W_1 + W_2 + W_3$, hots,

$$W_1 = \int_{V_1}^{V_2} p_{\text{kanpo}} dV = 5 \cdot 10^6 \text{ Pa} (V_2 - V_1) \text{ m}^3 = 1,24 \cdot 10^3 \text{ J}$$

Era berdinean, $W_2 = 10^6 \text{ Pa} (V_3 - V_2) \text{ m}^3 = 1,98 \cdot 10^3 \text{ J}$

$$W_3 = 10^5 \text{ Pa} (V_4 - V_3) \text{ m}^3 = 2,23 \cdot 10^3 \text{ J}$$

Eta gasak egiten duen lan totala: $W_{\text{osoa}} = W_1 + W_2 + W_3 = 5,45 \cdot 10^3 \text{ J}$

a emaitza: $5,45 \cdot 10^3 \text{ J}$

- b.- Prozesua pausu batean gertatzen bada, sistemaren (gasaren) baldintzak honela aldatzen dira:

1 mol	→	1 mol
10^7 Pa		10^5 Pa
298 K		298 K
$2,48 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$		$2,48 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$

Beraz, gasak egiten duen lana

$$W_{\text{gas}} = \int_{V_1}^{V_4} p_{\text{kanpo}} dV$$

Baina prozesua itzulgarria denez, momentu guztietan orekan egongo da, eta sistemaren (gasaren) presioa eta kanpo-presioa berdinak izango dira.

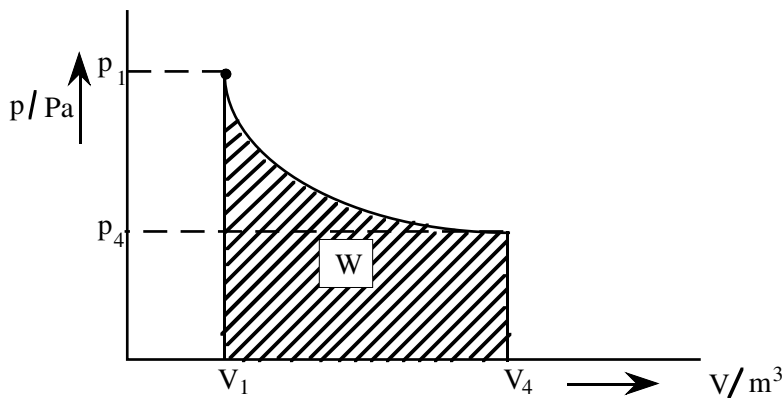
Beraz,

$$W_{\text{gas}} = \int_{V_1}^{V_4} \frac{nRT}{V} dV = nRT \ln \frac{V_4}{V_1} = 1 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot$$

$$\cdot 298 \text{ K} \ln \frac{2,48 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3}{2,48 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3} =$$

$$W = 11,41 \cdot 10^3 \text{ J}$$

Kanpo-presioa (gasaren presioa) bolumenarekiko errepresentatuz,



Azalera, lana delarik.

b emaitza: $11,41 \cdot 10^3 \text{ J}$

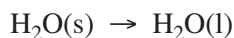
V.B.2.- Kalorimetro batean hidrogeno- eta kloro-gasak sartzen dira. Kalorimetroa izotz-kalorimetro bat denez, askatzen edo absorbatzen den bero-kantitatea hozten edo likidotzen den izotz-kantitateaz neurtzen da. 0,5 g hidrogeno kloruro gas formatzerakoan 3,76 g izotz, 0°C-tan, urtu egiten dira. Determinatu,

- a.- 3,76 gramoak urtzeko behar diren kaloriak.
- b.- Askatzen diren kaloriak 0,5 g HCl (g) formatzerakoan.
- c.- Gertatzen den prozesuaren ΔH° eta ΔE° .
- d.- Hidrogeno kloruro gasaren formazio-beroa.

Datua: $\Delta H_{\text{fusio}}(\text{H}_2\text{O}(\text{s}), 273,15 \text{ K}) = 80 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1}$

Ebazpena:

- a.- Izotza likidotzerakoan gertatzen den prozesua:



$$\Delta H_{\text{fusio}}^\circ(273,15 \text{ K}) = 80 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1}$$

Baina prozesuan bakarrik solidoak eta likidoak parte hatzen dutenez,

$$\Delta H^\circ \cong \Delta E^\circ \quad \text{eta} \quad q_p \cong q_v$$

Beraz, bai bolumena konstante mantenduz prozesua egin, zein isobarikoki egin, 1 g H_2O urtzeko 80 cal beharko dira, eta 3,76 g urtzeko,

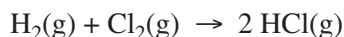
$$q = 3,76 \text{ g} \cdot 80 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} = 300,8 \text{ cal}$$

a emaitza: 300,8 cal

- b.- Izotzak urtzeko erabili behar duen beroa, $\text{HCl}(\text{g})$ -aren formazioan askatu dena da, beraz, 0,5 g $\text{HCl}(\text{g})$ formatzerakoan 3,76 g izotz urtu badira, 300,8 cal askatu egin dira 0,5 g $\text{HCl}(\text{g})$ formatzerakoan.

b emaitza: 300,8 cal

- c.- Gertatzen den prozesua hau da:



Prozesua kalorimetro (ponpa kalorimetriko) batean gertatzen denez, isokoraa da, hots, sistemak absorbatzen duen beroa ΔE da.

q (sistemak absorbatzen duen beroa) = $-300,8 \text{ cal}$, $0,5 \text{ g HCl}$ formatzerakoan. Orduan, 2 mol formatzerakoan,

$$\begin{array}{ccc} -300,8 \text{ cal} & \text{———} & 0,5 \text{ gr} \\ q & \text{———} & 2 \text{ mol} \cdot 36,45 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \end{array}$$

$$q = -43,86 \cdot 10^3 \text{ cal} = -43,86 \text{ kcal}$$

$$\text{Eta } q = q_v = -43,86 \text{ kcal}$$

ΔH° determinatzeko, ΔE° eta ΔH° -ren arteko erlazioa ezagutu egin behar dugu,

$$\Delta H^\circ = \Delta E^\circ + \Delta(pV)$$

Substantziak gas idealak direnean, eta tenperatura konstantea denean,

$$\Delta H^\circ = \Delta E^\circ + \Delta n \cdot RT$$

Baina kasu honetan $\Delta n = 0$ da, eta $\Delta E = \Delta H = -43,86 \text{ kcal}$.

$$c \text{ emaitza: } \Delta H^\circ = \Delta E^\circ = -43,86 \text{ kcal.}$$

- d.- Formazio-beroa zera da, substantzia baten mol bat formatzeko behar den beroa, presioa konstante mantenduz, substantzia hori osatzen duten elementuak egoera standardean konbinatuz. Prozesu honen ΔH -a hau izango da:



Eta

$$\begin{aligned} \Delta H_f^\circ &= \frac{-43,86 \text{ kcal}}{2 \text{ mol}} = -21,93 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1} \\ \Delta H_f^\circ &= \Delta E_f^\circ = -21,93 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

$$d \text{ emaitza: } -21,93 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$

V.B.3.- Ondoko formazio-entalpiak ezagutuz,

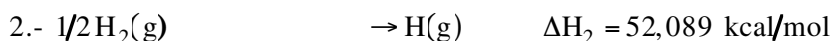
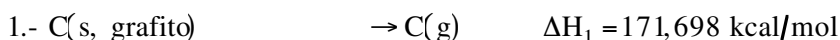
$$\Delta H_f(C, g) = 171,698 \text{ kcal/mol}; \Delta H_f(H, g) = 52,089 \text{ kcal/mol};$$

$$\Delta H_f(CH_4, g) = -17,889 \text{ kcal/mol},$$

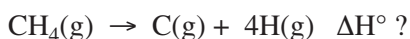
metanoaren deskonposizio-erreakzioaren ΔE° eta ΔH° -ren bidez, C – H loturaren energia kalkulatu.

Ebazpena:

Ezagutzen diren formazio-entalpiak hauek dira:



eta determinatu behar dira metanoaren deskonposizio-erreakzioaren ΔH° eta ΔE°



Hess-en legea aplikatuz,

$$\Delta H^\circ = \Delta H_1^\circ + 4 \cdot \Delta H_2^\circ - \Delta H_3^\circ = 397,943 \text{ kcal/mol}$$

ΔE° determinatzeko, erreakzioan gasek parte hartzen dutenez,

$$\Delta H^\circ = \Delta E^\circ + \Delta n RT, \quad \text{beraz } 298,15 \text{ K-etan}$$

$$\begin{aligned} \Delta E^\circ &= \Delta H^\circ - 4 \cdot 1,987 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298,15 \text{ K} = \\ &= 397,943 \text{ kcal/mol} - 2,37 \text{ kcal/mol} = \\ &= 395,57 \text{ kcal/mol}. \end{aligned}$$

Lau lotura apurtu behar direnez, lotura-entalpia hau izango da:

$$\Delta H(\text{C} - \text{H}) = \frac{397,943 \text{ kcal/mol}}{4} = 99,49 \text{ kcal/mol}$$

Lotura-energia

$$\Delta E(\text{C-H}) = \frac{395,57 \text{ kcal/mol}}{4} = 98,89 \text{ kcal/mol}$$

Emitza: $\Delta H(\text{C-H}) = 99,49 \text{ kcal/mol}$; $\Delta E(\text{C-H}) = 98,89 \text{ kcal/mol}$

V.B.4.- 1000 K-etan, bentzeno gaseosoaren hidrogenazioaren entalpia eta barne-energiaren aldaketak determinatu, zerak jakinik: bentzeno, ziklohexano eta hidrogenoaren konbustio-entalpiak, hurrenez hurren, $-3301,5$; $-3951,4$ eta $-285,5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ direla, 298 K-etan eta baldintza normaletan, eta hiruren bero-kapazitateak, presioa konstante mantenduz, ondoko hauek direla:

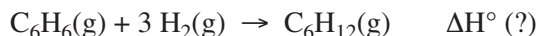
Bentzeno: $4,30 + 50,82 \cdot 10^{-3} T \quad \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \text{K}^{-1}$

Ziklohexano: $0,87 + 82,36 \cdot 10^{-3} T \quad \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \text{K}^{-1}$

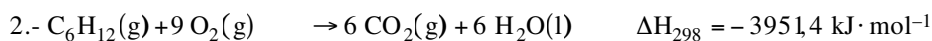
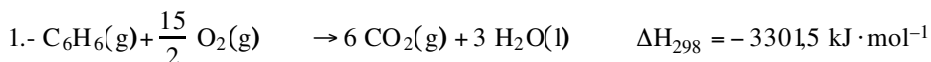
Hidrogeno: $27,3 + 3,26 \cdot 10^{-3} T \quad \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \text{K}^{-1}$

Ebazpena:

Bentzenoaren hidrogenazioaren erreakzioa hau da:



Erreakzio honen ΔH° eta ΔE° determinatzeko 1000 K-etan, erreketat-entalpiak ezagutzen ditugu:



Hess-en legea aplikatuz, erreakzioaren ΔH , 298 K-etan determina daiteke:

$$\Delta H_{298} = \Delta H_1 - \Delta H_2 + 3 \Delta H_3 = -207,65 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

ΔH_{1000} determinatzeko, ΔH° temperaturarekiko nola aldatzen den jakin behar da:

$$\Delta H_{T_2} = \Delta H_{T_1} + \int_{T_1}^{T_2} \Delta c_p dT$$

Beraz,

$$\Delta H_{1000}^\circ = \Delta H_{298}^\circ + \int_{298}^{1000} [c_p(C_6H_{12}) - c_p(C_6H_6) - 3 c_p(H_2)] dT$$

$$= \Delta H_{298}^\circ + \int_{298}^{1000} [-85,33 + 21,76 \cdot 10^{-3} T] dT$$

$$\Delta H_{1000}^\circ = \Delta H_{298}^\circ + \left[-85,33 T \right]_{298}^{1000} J \cdot mol^{-1} + \left[21,76 \cdot 10^{-3} \frac{T^2}{2} \right]_{298}^{1000} J \cdot mol^{-1} =$$

$$= -257,64 kJ \cdot mol^{-1}$$

eta ΔE° kalkulatzeko, ΔH eta ΔE -ren arteko erlazioa erabiliz

$$\Delta H^\circ = \Delta E^\circ + \Delta(pV)$$

Tenperatura konstante denean, eta gasak idealki konportatzen direnean,

$$\Delta E^\circ = \Delta H^\circ - \Delta n RT$$

hots,

$$\Delta E^\circ = \Delta H^\circ - (-3) \cdot 8,314 \cdot 10^{-3} kJ \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1} \cdot 1000 K$$

$$\Delta E_{1000}^\circ = -232,70 kJ \cdot mol^{-1}$$

$$Emaitzak: \Delta H^\circ = -257,64 kJ \cdot mol^{-1}; \Delta E^\circ = -232,70 kJ \cdot mol^{-1}$$

V.B.5.- Gas idealaren mol bat, 25°C-tik eta 1 atm-tik, 900 K eta 5 atm-raino konprimatzen da, bide hau jarraituz, hasieran 2,5 atm-raino, prozesu isokoro baten bidez, gero, 4 atm-raino isotermikoki, eta azkenez, bukaerako presioa lortu arte, adiabatikoki. Prozesu guztiak itzulgarriak direla suposatuz, determinatu W, q, ΔE , ΔH eta ΔS .

$$Datua: c_v(gas) = 12,54 J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$$

Ebazpena:

Gasaren baldintzak, prozesu guztiaren zehar hauek dira:

1 mol		1 mol		1 mol		1 mol
298 K		T_2		$T_3 = T_2$		900 K
	$\rightarrow$		$\rightarrow$		$\rightarrow$	
1 atm	(V = kte)	2,5 atm	(T = kte)	4 atm	(Q = kte)	5 atm
					(q = 0)	
V_1		$V_2 = V_1$		V_3		V_4

Gasa ideala bada, gas idealaren ekuazioa erabiliz, V_1 , T_2 , V_3 eta V_4 determina daitezke:

$$V_1 = \frac{R \cdot T_1}{p_1} = \frac{0,082 \text{ atm} \cdot 1 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298,15 \text{ K}}{1 \text{ atm}} = 24,448 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$T_2 = \frac{p_2 \cdot V_2}{R} = \frac{2,5 \text{ atm} \cdot 24,448 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}}{0,082 \text{ atm} \cdot 1 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}} = 745,4 \text{ K}$$

$$V_3 = \frac{R \cdot T_3}{p_3} = \frac{0,082 \text{ atm} \cdot 1 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 745,4 \text{ K}}{4 \text{ atm}} = 15,280 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$V_4 = \frac{R \cdot T_4}{p_4} = \frac{0,082 \text{ atm} \cdot 1 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 900 \text{ K}}{5 \text{ atm}} = 14,760 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Orain prozesu bakoitzaren W , q , ΔE , ΔH , eta ΔS determinatuz, orokorrarenak determina daitezke, gehiketa izango baitira.

Honela, lehen prozesua, isokorua izanik, $V = \text{kte}$ da

1 mol		1 mol
298,15 K		745,4 K
1 atm	$\rightarrow$	2,5 atm
24,448 l		24,448 l

Lana, lanaren definizioz, $W = - \int_{V_1}^{V_2} p_{\text{kanpo}} dV$ da, baina $V_1 = V_2$ denez, $W = 0$. Sistemak absorbatzen duen beroa determinatzeko, lehen printzipioa aplikatuz,

$$\Delta E \rightarrow q + W \rightarrow q = \Delta E$$

Beraz, barne-energiaren aldaketa eta q berdinak dira, eta barne-energiaren aldaketa, sistemaren tenperatura aldatzen denean, hau da:

$$\Delta E = \int_{T_1}^{T_2} c_V dT = \int_{298,15}^{745,4} 12,54 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} dT =$$

$$\Delta E = 12,54 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot (745 - 298,15) \text{ K} = 5,61 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = q$$

ΔH determinatzeko, bi bide jarraitu ahal dira. Bata, $\Delta H = \int_{T_1}^{T_2} c_p dT$ erabiltzea da, baina c_p -a ez dugu ezagutzen. Baina gas idealarentzat $c_p = c_V + R$ denez.

$$c_p(\text{gas}) = 12,54 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} + 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 20,854 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

eta

$$\Delta H = \int_{T_1}^{T_2} c_p dT = \int_{298,15}^{745,4} 20,854 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} dT =$$

$$= 20,854(745,4 - 298,15) \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta H = 9,33 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Beste bidea hau da:

$$\Delta H = \Delta E + \Delta(pV)$$

Gasa ideala denez, eta tenperatura aldatzen denez,

$$\Delta H = \Delta E + R\Delta T = 5,61 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 8,314 \cdot 10^{-3} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot (745,4 - 298,15) \text{ K}$$

$$\Delta H = 9,33 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Azkenez, entropia-aldaketa, prozesua itzulgarria denez, eta $V = \text{kte}$ denez, hau izango da:

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{\delta q}{T} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{c_V \cdot dT}{T} = \int_{298,15}^{745,4} \frac{12,54 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}}{T} dT =$$

$$\Delta S = 12,54 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \ln \frac{745,4}{298,15} = 11,49 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

2. prozesua isotermikoa izanik, $T = \text{cte}$ da

1 mol	1 mol
745,4	745,4
2,5 atm	→ 4 atm
24,448 l	15,280 l

Lana, prozesua itzulgarria eta isotermikoa denez, hau izango da:

$$W = - \int_{V_2}^{V_3} p_{\text{kanpo}} dV = - \int_{V_2}^{V_3} p_{\text{gas}} dV = - \int_{V_2}^{V_3} \frac{RT}{V} dV = -RT \ln \frac{V_3}{V_2} =$$

$$W = +2,91 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Sistemak absorbatzen duen beroa, q , hau izango da:

$\Delta E = q + W$; beraz, q determinatzeko ΔE determinatu behar da.

$\Delta E = 0$ zeren prozesuan $T = \text{cte}$ baita. Beraz, $q = -W = -2,91 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ eta $\Delta H = 0$ halaber, zeren $T = \text{cte}$ baita.

ΔS -a, prozesua itzulgarria eta isotermikoa denean, hau izango da:

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{\delta q}{T} = \frac{q}{T} = \frac{-2,91 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}}{745,4 \text{ K}} = -3,90 \cdot 10^{-3} \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\Delta S = -3,90 \cdot 10^{-3} \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

3. prozesua, adiabatikoa izanik, $Q = \text{cte}$, $q = 0$ da.

1 mol	1 mol
745,4 K	900 K
4 atm	→ 5 atm
15,280 l	14,760 l

Lana, lehen printzipioa aplikatuz determina daiteke:

$$\Delta E = q + W \quad q = 0 \text{ denez,} \quad \Delta E = W$$

Gasa ideala denez, ΔE bakarrik T-rekin aldatuko da, beraz:

$$\Delta E = \int_{T_3}^{T_4} c_v dT = \int_{745,4}^{900} 12,54 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ K}^{-1} dT = 12,54(900 - 745,4) \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta E = W = 1,94 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Baina $\Delta E_1 = 0$, zeren prozesua isotermikoa baita, eta $\Delta E = \Delta E_2$

ΔH determinatzeko, bigarren bidea aukeratuz,

$$\Delta H = \Delta E + \Delta(pV) = \Delta E + R\Delta T$$

$$\Delta H = 1,94 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 8,314 \cdot 10^{-3} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot (900 - 745,4) \text{ K} =$$

$$\Delta H = 3,23 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Prozesua adiabatikoa denez, eta itzulgarria denez, $\Delta S = 0$, $q = 0$ baita.

Beraz, prozesu osoan,

$$W_{\text{osoa}} = 0 + (2,91 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) + (1,94 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = 4,85 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$q_{\text{osoa}} = 5,61 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + (-2,91 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) + 0 = 2,70 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta E_{\text{osoa}} = 5,61 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 0 + 1,94 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = 7,55 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta H_{\text{osoa}} = 9,33 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 0 + 3,23 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = 12,56 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta S_{\text{osoa}} = 11,49 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} + (-3,90 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}) + 0 = 7,59 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

V.B.6.- Termikoki isolatuta dagoen ganbara batean, presioa konstante mantenduz, 100 g ur 60°C-tan, eta 1,5 mol izotz 0°C-tan nahastu egiten dira. Determinatu,

a.- Bukaerako tenperatura.

b.- Prozesuaren ΔH eta ΔS .

Datuak: $c_p(\text{izotza}) = 2,092 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$; $c_p(\text{H}_2\text{O}, l) = 4,184 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$

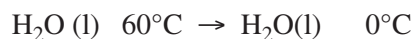
$\Delta H_{\text{fusio}}^{\circ}(\text{H}_2\text{O}) = 334,72 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$

Ebazpena

a.- Termikoki isolatuta dagoen ganbara batean, ΔH (izotza) + ΔH (ura) = 0.

Bukaerako tenperatura 0°C baino handiago, txikiago edo berdin den jakiteko, hau egingo da:

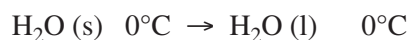
Urak 0°C -ra heltzeko:



$$\Delta H(\text{ura}) = \int_{T_1}^{T_2} m c_p(\text{H}_2\text{O, l}) \, dT = \int_{333,15}^{273,15} 100\text{g} \cdot 4,184 \, \text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \, dT$$

$$\Delta H(\text{ura}) = -25104 \, \text{J}$$

Izotzak zeharo urtzeko:

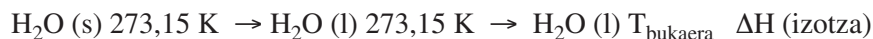


$$\Delta H(\text{izotza}) = m \, \Delta H_{\text{fusio}} = 1,5 \, \text{mol} \cdot 18,015 \, \text{g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 334,72 \, \text{J} \cdot \text{g}^{-1}$$

$$\Delta H(\text{izotza}) = 9045,0 \, \text{J}$$

Beraz, urak 0°C -ra heltzerakoan askatzen duen beroa, izotzak urtzeko behar duena baino handiagoa denez, bukaerako tenperatura 0°C baino altuago izango da.

Bukaerako tenperatura determinatzeko, bide itzulgarria jarraituz,



Eta $\Delta H(\text{ura}) + \Delta H(\text{izotza}) = 0$ denez,

$$\int_{333,15}^{T_{\text{bukaera}}} m(\text{ura}) c_p(\text{H}_2\text{O, l}) \, dT + 9045,0 \, \text{J} + \int_{273,15}^{T_{\text{bukaera}}} m(\text{izotza}) c_p(\text{H}_2\text{O, l}) \, dT = 0$$

$$100\text{g} \cdot 4,184\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} (T_{\text{bukaera}} - 333,15) + 9045,0\text{J} + 1,5\text{mol} \cdot \\ \cdot 18,015\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 4,184\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} (T_{\text{bukaera}} - 273,15) = 0$$

$$T_{\text{bukaera}} = 303,37\text{K} = 30,22^\circ\text{C}$$

a emaitza: 303,37 K

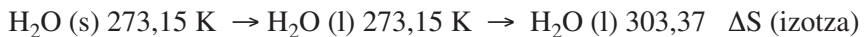
- b.- Sistema termikoki isolatua dagoenez, ezin du energiarik ez hartu ez eman ingurutik edo ingurura, eta energia-trukaketa 0 izango da:

$$\Delta H = \Delta H(\text{ura}) + \Delta H(\text{izotza}) = 0$$

ΔS determinatu baino lehen, zera dakigu, $\Delta S > 0$ dela, zeren prozesua espontaneo baita, eta sistema isolatua baitago.

$$\Delta S = \Delta S(\text{ura}) + \Delta S(\text{izotza})$$

ΔS determinatzeko, a ataleko bidea jarraitzen da:



$$\Delta S(\text{ura}) = \int_{333,15}^{303,37} \frac{m(\text{ura})c_p(\text{ura})dT}{T} = 100 \text{ g} \cdot 4,184 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \ln \frac{303,37}{333,15} = \\ = -39,179 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\Delta S(\text{izotza}) = \frac{m(\text{izotza})\Delta H_{\text{fusio}}}{T} + \int_{273,15}^{303,37} \frac{m(\text{izotza})c_p(\text{H}_2\text{O})dT}{T} \\ = \frac{27,02 \text{ g} \cdot 334,72 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}}{273,15 \text{ K}} + 27,02 \text{ g} \cdot 4,184 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \\ \cdot \ln \frac{303,37}{273,15} = 44,973 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\Delta S = \Delta S(\text{ura}) + \Delta S(\text{izotza}) = 5,794 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$$

b emaitza: $\Delta H = 0$; $\Delta S = 5,794 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$

V.B.7.- Lotura-energiak erabiliz, determinatu

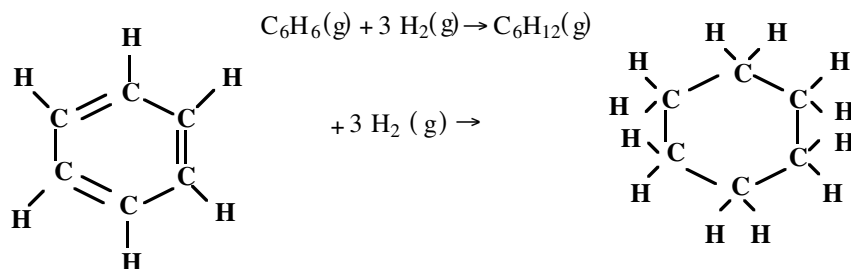
- a.- Bentzeno(g)-aren hidrogenazioaren ΔH .
 b.- Erreakzioaren K_p , 480 K-etan 10^{32} dela jakinik, kalkulatu ΔS° eta ΔG° , 298 K-etan

Datuak:

Lotura	C – H	C = C	C – C	H – H
$\Delta H_{298} \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$	99,0	146,0	80,0	104

Ebazpena

- a.- Bentzenoaren hidrogenazioa hau da:



Erreakzio honetan, 3 C = C lotura eta 3 H–H lotura apurtzen direla kontsidera daiteke, eta 6 C–H lotura eta 3 C–C lotura formatzen direla. Lotura-energia edo lotura-entalpia, lotura apurtzeko behar den energia dela kontutan hartuz,

$$\Delta H_{\text{erreakzioan } 298 \text{ K}}^\circ = 3 \Delta H_{298}^\circ(\text{C} = \text{C}) + 3 \Delta H_{298}^\circ(\text{H} - \text{H}) - 6 \Delta H_{298}^\circ(\text{C} - \text{H}) - 3 \Delta H_{298}^\circ(\text{C} - \text{C})$$

$$\Delta H_{298}^\circ = 3 \cdot 146,0 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1} + 3 \cdot 104 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1} - 6 \cdot 99,0 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1} - 3 \cdot 80,0 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1} = -84,0 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$

a emaitza: $\Delta H_{298} = -84,0 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$

b.- ΔG_{480K} determinatzeko, zera egiten da:

$$\begin{aligned}\Delta G_{480} &= -RT \ln K_p = 1,987 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 480 \text{ K} \cdot \ln 10^{32} = \\ &= -70,276 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}\end{aligned}$$

ΔS_{480} determinatzeko, zera dakigu,

$$\Delta G_{480} = \Delta H_{480} - T\Delta S_{480}$$

Beraz, ΔH_{480} determinatu behar da, baina ΔH° tenperaturarekin oso gutxi aldatzen dela kontsideratuz,

$$\Delta H_{298} \cong \Delta H_{480}$$

$$\Delta S_{480} = \frac{\Delta H_{480} - \Delta G_{480}}{480 \text{ K}} = -0,02859 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\Delta S_{480} = -28,59 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

ΔS ere oso gutxi aldatzen da tenperaturarekin, hots, $\Delta S_{480} \cong \Delta S_{298}$

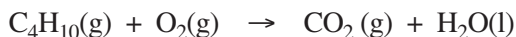
Beraz,

$$\begin{aligned}\Delta G_{298} &= \Delta H_{298} - T \Delta S_{298} \\ &= \Delta H_{298} - 298 \text{ K} \cdot \Delta S_{298} = -75,48 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}\end{aligned}$$

b emaitza: $\Delta S^\circ = -28,59 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;

$$\Delta G_{298K} = -75,48 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$

V.B.8.- 18,5 l-ko ganbara batean, 298 K-etan, ondoko erreakzioa eragiten da:



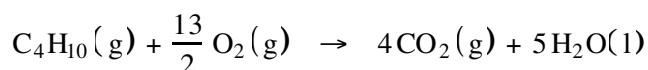
- a.- Erreakzio honen ΔE° , ΔH° , ΔG° , eta ΔF° -a determina itzazu, 298 K-etan.
- b.- Determinatu 1 mol butano erretzerakoan askatzen den beroa ea nahikoa den 10 l ur 25°C-tik 80°C-ra isobarikoki berotzeko.

Datuak: 298 K-etan

	$\Delta H_f^\circ (\text{kcal} \cdot \text{mol}^{-1})$	$S^\circ (\text{cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$	$c_p (\text{cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$	$\rho (\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$
$\text{CO}_2(\text{g})$	-94,05	51,5	—	—
$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	-68,32	16,71	1	1
$\text{C}_4\text{H}_{10}(\text{l})$	-29,51	74,1	—	—
$\text{O}_2(\text{g})$	—	49	—	—

Ebazpena

- a.- Erreakzioa adjustatuz,



Datu gisan, formazio-entalpiak ezagutzen dira, beraz, 298 K-etan,

$$\Delta H^\circ = 4 \cdot \Delta H_f^\circ(\text{CO}_2, \text{g}) + 5 \cdot \Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) - \Delta H_f^\circ(\text{C}_4\text{H}_{10}, \text{g}) - \frac{13}{2} \cdot \Delta H_f^\circ(\text{O}_2, \text{g})$$

Substantzia guztien entalpiak ezagunak dira, oxigenoarena izan ezik, baina $\text{O}_2(\text{g})$ -a, 25°C-tan, oxigenoaren egoera standard egonkorrena denez, bere formazio-entalpia zero da.

$$\Delta H = 4 \cdot (-94,05 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}) + 5 \cdot (-68,32 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}) - (-29,51 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}) - \frac{13}{2} 0 = -688,29 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$

ΔE_{298} determinatzeko, ΔH -ren eta ΔE -ren arteko erlazioa erabil daiteke, hots,

$$\Delta H = \Delta E + \Delta(pV)$$

Gas-egoeran aurkitzen diren substantziak gas idealaren moduan konportatzen badira, eta erreakzioa 298 K-etan gertatzen bada,

$$\begin{aligned}\Delta H &= \Delta E + \Delta n \cdot RT & \Delta E &= \Delta H - \Delta n \cdot RT \\ \Delta E &= -688,29 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1} - \left(4 - \left(\frac{13}{2} + 1 \right) \right) \cdot 1,987 \cdot 10^{-3} \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \\ &\quad \cdot 298 \text{ K} = -686,22 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}\end{aligned}$$

ΔG° , ondoko erlazioaren bidez determina daiteke:

$$\Delta G_{298} = \Delta H_{298} - T\Delta S_{298}$$

Horretarako, ΔS_{298} determinatu behar da. Substantzia guztien entropia absolutuak ezagunak direnez,

$$\begin{aligned}\Delta S_{298} &= 4 \cdot S(\text{CO}_2) + 5 \cdot S(\text{H}_2\text{O}) - S^\circ(\text{C}_4\text{H}_{10}) - \frac{13}{2} S(\text{O}_2) \\ &= 4 \cdot 51,5 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} + 5 \cdot 16,71 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} - \\ &\quad -74,1 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} - \frac{13}{2} \cdot 49 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = \\ &= -103,05 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}\end{aligned}$$

$$\Delta G_{298} = \Delta H_{298} - 298 \text{ K} \cdot \Delta S_{298} = -657,6 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$

ΔF° determinatzeko, berdin:

$$\Delta F_{298}^\circ = \Delta E_{298}^\circ - T\Delta S_{298}^\circ = -655,51 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$

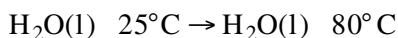
a emaitza: $\Delta H^\circ = -688,29$; $\Delta E^\circ = -686,22$
 $\Delta G^\circ = -657,6$; $\Delta F^\circ = -655,51 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$

- b.- Erreakzioa ganbara batean egin denez, $V = V_{kte} = 18,5 \text{ l}$ mantendu beharko zen. Beraz, erreakzio-beroa,

$$q(\text{erreakzioa}) = q_v = \Delta E = -686,22 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$

hau da, $q(\text{erreakzioa}) = -686,22 \text{ kcal}$ butano mol bakoitzeko.

Determina dezagun orain 10 l ur 25°C -tik 80°C -ra isobarikoki berotzeko zenbat bero behar den:



$$q(\text{ura}) = q_p = \int_{T_1}^{T_2} m \cdot c_p(\text{H}_2\text{O}, l) dT$$

m determinatzeko,

$$m = V \cdot \rho = 10 \text{ l} \cdot 10^3 \text{ cm}^3 \cdot \text{l}^{-1} \cdot 1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} = 10^4 \text{ g}$$

$$\text{Orduan, } q(\text{ura}) = 10^4 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot (353,15 - 298,15) \text{ K} = 550 \text{ kcal}.$$

$|q(\text{erreakzio})| > |q(\text{ura})|$ denez, erreakzioan askatzen den beroarekin ur-kantitate hori 25°C -tik 80°C -ra berotu egin daiteke.

b emaitza: bai.

C.- PROBLEMAK

V.C.1.- Gas ideal baten mol bat $352,2 \text{ K}$ eta $1,013 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ -tik, $290,5 \text{ K}$ eta $3,039 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ -ra aldatzen da. Determinatu sistemak, aldaketa honetan, egiten duen lana, bideak hauek direlarik:

- Bolumena konstante mantenduz, berotu egiten da bukaerako presioa lortu arte, gero hoztu egiten da, presioa konstante mantenduz, bukaerako egoera lortu arte.
- Prozesu isobaro baten bidez, gasa hoztu egiten da bukaerako tenperatura lortu arte, gero isotermikoki bukaerako egoera lortu arte konprimatu egiten da.

Suposatu prozesu guztiak itzulgarriak direla.

V.C.2.- Argon mol bat itzulgarriki eta adiabatikoki 22,4 l-tik (25°C-tan) 44,8 l-ra espanditzen da. Determinatu gasaren bukaerako presioa eta tenperatura. Suposatu gasa idealaren moduan konportatzen dela, eta c_V (argon) = $3,00 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

V.C.3.- Gas ideal baten bost mol, $12,150 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ -etan, kanpo-presio baten kontra espanditzen dira; kanpo-presioa $5,23 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ dela jakinik, eta prozesua isotermikoa, 400 K-etan, eta itzulezina bada, determinatu

- a.- Sistemak egiten duen lana
- b.- ΔE , ΔH , eta sistemak absorbatzen duen beroa.

V.C.4.- Butano-oxigeno nahastura bat, 600 K-etan, presio partzialak $2 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ eta $5 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ izanik hurrenez hurren, erre egiten da bolumena konstante mantenduz. Determinatu

- a.- Bukaerako presio totala.
- b.- Erreakzioaren ΔE , ΔH eta q , tenperatura horretan.

Datuak: Formazio-beroak 600 K-etan: $\text{C}_4\text{H}_{10}(\text{g}) : -124,73 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;
 $\text{CO}_2(\text{g}) : -393,50 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$; $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) : -241,83 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

V.C.5.- Ondoko erreakzioak emanik



Determinatu

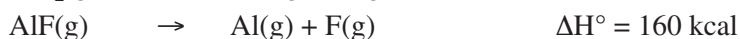
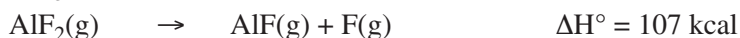
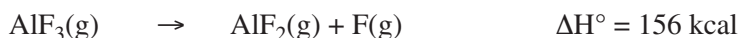
- a.- Iodoaren sublimatze-beroa 298 K-etan.
- b.- Hidrogeno ioduroaren disoluzio-beroa, 298 K-etan
- c.- Zenbat bero behar den, 25°C-tan eta 800 mm Hg-tan 750 ml-ko matraze batean dagoen HI-a deskonposatzeko

V.C.6.- Zenbat bero eman behar zaio 1 t (tonelada) kareharriri, karetan (CaCO_3) %80ko purutasuna duena, eta CO_2 -tan deskonposatzeko? Prozesu energetikoaren etekina %75a da, eta $\Delta H_f(\text{CO}_2, \text{g}) = -94 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$,
 $\Delta H_f(\text{CaO}, \text{s}) = -152 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$, eta $\Delta H_f(\text{CaCO}_3, \text{s}) = -289 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$ dira.

V.C.7.- 1 g amonio nitrato 200 g uretan 18°C-tan disolbatu ondoren, tenperatura 17,60°C da. Determinatu amonio nitratoaren disoluzio-beroa, disoluzioaren $c_p \approx 1 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ dela jakinik.

V.C.8.- Bi disoluzio, A eta B, 25,08°C-tan daude, eta nahastu egiten dira; nahastu osteko tenperatura 26,25°C delarik. Jakinik A disoluzioa 400 ml-koa dela, azido monoprotiko batean 0,2 M izanik, eta B disoluzioa 100 ml NaOH 0,8 M dela, determinatu neutralizazio-beroa 1 mol azidorentzat. Suposatu disoluzio bien dentsitatea $1,00 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ dela, eta bero espezifikoa, $1,00 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

V.C.9.- Ondoko datuak erabiliz, 298 K-etan



a.- $\text{AlF}_3(\text{g}) \rightarrow \text{Al}(\text{g}) + 3 \text{F}(\text{g})$ erreakzioaren ΔH° determinatu.

b.- AlF loturaren energia determinatu.

c.- $\text{AlF}_3(\text{g}) \rightarrow \text{Al}(\text{g}) + 3 \text{F}(\text{g})$ erreakzioaren q_v eta q_p determinatu.

V.C.10.- Potasio sulfatotan 0,5 M den ur-disoluzio baten 1 l prestatzeko behar den kantitatea, ondoko erreakzioen bidez lortzen da:



Kantitate horren %60a lehen erreakzioaren bidez, eta beste guztia bigarren erreakzioaren bidez lortzen dela jakinik, determinatu:

a.- Behar den azido sulfurikoaren kantitatea, honen purutasuna %40a bada.

b.- Absorbatzen edo askatzen den bero-kantitate totala, azpiko datuekin

konposatuak	$\text{KNO}_3(\text{s})$	$\text{H}_2\text{SO}_4(\text{l})$	$\text{K}_2\text{SO}_4(\text{s})$	$\text{HgSO}_4(\text{s})$	$\text{NO}(\text{g})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	$\text{HNO}_3(\text{g})$
$\Delta H_f / \text{kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$	-119,9	-192,9	-340,6	-168,3	21,6	-68,32	-34,4

V.C.11.- 40 g izotz, -10°C-tan, 120°C-tan dagoen lurrun bihurtzen dira. Zenbat bero behar izan da?

Datuak: $c_p(\text{H}_2\text{O}, \text{s}) = 0,5 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $c_p(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = 1 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;
 $c_p(\text{H}_2\text{O}, \text{g}) = 0,5 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $\Delta H_{\text{fusio}}(\text{H}_2\text{O}, \text{s}) = 80 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1}$,
 $\Delta H_{\text{baporatze}}(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = 540 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1}$

V.C.12.- 50 g H_2O 303 K-etan eta 50 g $\text{H}_2\text{O}(\text{s})$ 263 K-etan nahastu egiten dira.
 Determinatu

- a.- Sistemaren bukaera-tenperatura.
- b.- Orekako izotz-kantitatea.

Datuak: $c_p(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = 4,184 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, $c_p(\text{H}_2\text{O}, \text{s}) = 2,092 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$,
 izotzaren fusio-beroa $334,72 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$.

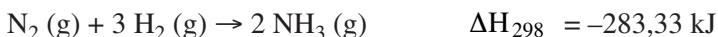
V.C.13.- Ponpa kalorimetro batean 1,17 g bentzeno likido erretzen dira, bolumena konstante mantenduz eta 25°C-tan. Askatzen den beroa 11,72 kcal da.
 Kalkulatu

- a.- 25°C-tan eta 1 atm-tan, $\text{C}_6\text{H}_6(\text{l})$ -aren formazio-entalpia, zera jakinik, $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ -aren eta $\text{CO}_2(\text{g})$ -aren formazio-entalpiak $-68,32 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$ eta $-94,03 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$ direla.
- b.- Zein izango litzateke konbustio-entalpia 350 K-etan?

Datuak:

$c_p(\text{C}_6\text{H}_6, \text{l}) = 32,4 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $c_p(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = 18 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;
 $c_p(\text{CO}_2, \text{g}) = 8,96 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;
 $c_p(\text{O}_2, \text{g}) = 7,05 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

V.C.14.- Determinatu ondoko erreakzioaren ΔH , 398 K-etan:



Datuak:

$c_p(\text{H}_2, \text{g}) = 29,02 - 8,35 \cdot 10^{-4} T + 20,80 \cdot 10^{-7} T^2 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;
 $c_p(\text{N}_2, \text{g}) = 27,26 + 5,23 \cdot 10^{-3} T - 4,18 \cdot 10^{-9} T^2 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;
 $c_p(\text{NH}_3, \text{g}) = 25,86 + 32,94 \cdot 10^{-3} T - 30,42 \cdot 10^{-7} T^2 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

- V.C.15.- a.- 1 mol heptano gaseoso, 25°C-tan oxigenotan zeharo erretzen denean gertatzen den entalpia-aldaketa kalkulatu.
- b.- Goiko erreakzioan askatzen edo absorbatzen den beroa, 20°C-tan dagoen ur-kantitate bat berotzeko erabiltzen bada, 40°C-ko tenperatura lortzen da. Kalkulatu uraren masa.

Datuak: $c_p(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = 1 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $\Delta H_f^\circ(\text{C}, \text{g}) = 171,7 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $\Delta H_f^\circ(\text{H}, \text{g}) = 52,1 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$ $\Delta H_f^\circ(\text{O}, \text{g}) = 59,1$ "
 $\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = -68,32$ " $\Delta H^\circ(\text{C} - \text{C}) = 82,6$ "
 $\Delta H^\circ(\text{C} - \text{H}) = 98,7$ " $\Delta H^\circ(\text{C} = \text{O}) = 192,96 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$

V.C.16.- Metanoa metxero batean erretzen deneko prozesuaren etekina %80a dela jakinez,

- 1 mol metano 25°C-tan erretzen denean, askatzen den bero-kantitatea determinatu, prozesua presio konstantez egiten bada.
- Prozesua 200°C-tan eginez, askatzen den bero-kantitatea 2 kg ur berotzeko erabiltzen da; jakinik hasieran ura 20°C-tan aurkitzen dela, kalkulatu bukaerako tenperatura.

Datuak:

	$\text{CH}_4(\text{g})$	$\text{CO}_2(\text{g})$	$\text{O}_2(\text{g})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
$\Delta H_f^\circ / \text{kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$	-17,89	-94,05	-	-57,80	-68,32
$c_p / \text{cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	7,5	7,7	6,5	8,15	18

V.C.17.- Gas ideal baten mol bat, 2 l-tik 20 l-ra isotermikoki, 298 K-etan, espanditzen da. Determinatu prozesuaren ΔS eta sistemak absorbatzen duen beroa,

- Prozesua itzulgarria denean.
- Prozesua itzulezina eta bukaerako presioaren kontra egiten denean.

V.C.18.- Gas ideal baten 1 mol espanditu egiten da 122 K-etan 10 l-tik 25 l-raino, hurrengo bideak jarraituz:

- Hasieran isotermikoki (122 K-etan) 15 l-raino espanditzen da.
- Gero prozesu isobaro batean gasa espanditu egiten da 20 l-raino.
- Azkenean, bukaera-bolumena lortu arte, espanditu egiten da prozesu adiabatiko batean.

Prozesu guztiak itzulgarriak direla jakinik, kalkulatu W , q , ΔE , ΔH , eta ΔS pausu bakoitzean.

Datuak: $c_p = 20,85 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

V.C.19.- 1,80 kg izotz 1 atm-tan eta 260 K-etan, Dewar-ontzi batean likidotzen dira. Dewar-ontzia adiabatikoa da, eta beraren barruan 3,6 kg $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$, 350 K-etan daude. Oreka-tenperatura determinatu, eta izotzaren eta Dewar-ontziko uraren ΔS -ak kalkulatu, $p = \text{kte}$ dela suposatuz.

Datuak:

$$c_p(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = 75,39 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}; \quad c_p(\text{H}_2\text{O}, \text{s}) = 36,56 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}; \\ \Delta H_{\text{fusio}}(\text{H}_2\text{O}, \text{s}) = 6009 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$$

V.C.20.- 120°C-tan dauden 200 g Au ($c_p = 0,0313 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$), 10°C-tan dauden 25 g ur gainera erortzen dira ($c_p(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = 1,0 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$). Sistema, oreka lortu arte, Dewar-ontzi batean aurkitzen da. Determinatu

- a.- Bukaera-tenperatura.
- b.- Au-aren ΔS prozesu honetan.
- c.- $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ -aren ΔS prozesu honetan.

V.C.21.- 0,1 mol nitrogeno isotermikoki espanditzen dira 300 K-etan, 250 cm^3 -tik 1,00 dm^3 -ra. Nitrogenoa gas ideala dela suposatuz, determinatu sistemaren entropia-aldaketa eta sistemak absorbatzen duen beroa

- a.- Prozesua itzulgarria bada.
- b.- Prozesua itzulezina bada, eta bukaerako presioaren kontra.
- c.- Prozesu itzulezina espontanea al da?

V.C.22.- Ontzi isolatu batean, presio atmosferikoan, -20°C-tan dauden 40 g izotz eta 15°C-tan dagoen ur-kantitate bat nahastatzen dira, lortutako bukaera-tenperatura -10°C-takoa delarik.

- a.- Zein da izotzari gehituriko ur-kantitatea?
- b.- Prozesuaren espontaneitatea justifikatu, prozesuaren ΔS kalkulatu.

Datuak: $c_p(\text{izotza}) = 0,5 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}; \quad c_p(\text{ura}) = 1 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1};$
 $\Delta H_{\text{fusio}}(\text{H}_2\text{O}, \text{s}) = 80 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1}$

V.C.23.- Etilenoaren formazio-erreakzioaren ΔG° eta ΔS° determinatu 298 K-etan. Erreaktiboan eta produktuen formazio-entalpiak eta entropia absolutuak tauletan begiratu. Halaber, determinatu oreka-konstantea.

V.C.24.- $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g})$ erreakzioaren ΔS° , ΔG° eta ΔH° -a determinatu, datu hauek kontutan harturik:

	$\Delta H_f^\circ (\text{kcal} \cdot \text{mol}^{-1})$	$\Delta G_f^\circ (\text{kcal} \cdot \text{mol}^{-1})$	$S^\circ (\text{cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$
$\text{CO}(\text{g})$	-26,42	-32,79	47,3
$\text{CO}_2(\text{g})$	-94,05	-94,24	51,1
$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	-57,80	-54,64	?
$\text{H}_2(\text{g})$	-	-	31,2

- Determinatu halaber erreakzioaren ΔE , 298 K-etan eta 1 atm-tan. Gasak idealaren moduan konportatzen direla suposatu.
- H_2O -aren entropia absolutua determinatu.
- Erreakzioaren K , 298 K-etan.

V.C.25.- ICl molekularen formazio-erreakzioaren ΔG° , ΔH° , eta ΔS° determinatu, datu hauek kontutan harturik

	$\Delta H^\circ (\text{kcal} \cdot \text{mol}^{-1})$	$\Delta S^\circ (\text{cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$
$\text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{Cl}(\text{g})$	57,9	25,63
$\text{I}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{I}(\text{g})$	36,1	24,11
$\text{ICl}(\text{g}) \rightarrow \text{I}(\text{g}) + \text{Cl}(\text{g})$	50,5	27,30
Iodoaren sublimazioa	15	34,38

V.C.26.- Matraze batean zilar oxidoaren kantitate determinatu bat sartzen da. Hau deskonposatu egiten da, orekako oxigeno-presioa 13 Pa izan arte. Temperatura 298,2 K da, eta erreakzioa, $2\text{Ag}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Ag} + \text{O}_2(\text{g})$.
Determinatu:

- Zilar oxidoaren dekonposaketaren oreka-konstantea eta ΔG° .
- Oxigenoaren presioa 1 Pa bada, ΔG derterminatu.
- Berdin, oxigenoaren presioa 20 Pa bada.

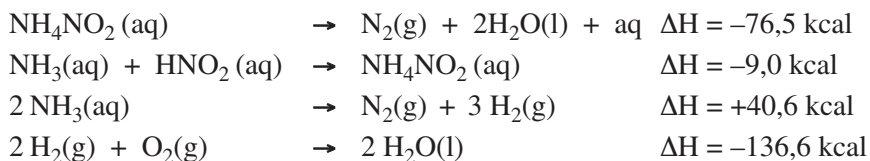
- V.C.27.- a.- $\text{SO}_2(\text{g}) + 1/2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{SO}_3(\text{g})$ erreakzioaren ΔG° , ΔH° , eta ΔS° -a determinatu, taulak erabiliz.
- b.- K determinatu 298 K-etan eta 600 K-etan.
- c.- ΔG° (298 K) eta ΔG° (600 K) konparatu, kasu bakoitzean erreakzioa espontaneo den ala ez esanez.

- V.C.28.- a.- 2-butenaren hidrogenazioaren beroa kalkulatu, produktua butanoa dela jakinik.
- b.- ΔH° eta ΔS° tenperaturarekin ez direla aldatzen suposatuz, determinatu erreakzio horren K-ren balorea 400 K-etan.

Datuak: 298 K-etan:

$\Delta H_f(\text{butano}) = -29,81 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$	$\Delta H(\text{C}-\text{H}) = 99,0 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$
$\Delta H_f(\text{C}, \text{g}) = 170,9$	$\Delta H(\text{C}=\text{C}) = 146,0$
$\Delta H_f(\text{H}, \text{g}) = 52,10$	$\Delta H(\text{C}-\text{C}) = 80,0$
$S(\text{butano}) = 74,10 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	$S(\text{H}_2) = 31,21 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
$S(\text{buteno}) = 71,9$	

- V.C.29.- a.- $\text{HNO}_2(\text{aq})$ delakoaren formazio-entalpia determinatu, datu hauek kontutan hartuta:



- b.- $\text{HNO}_2(\text{aq})$ -aren formazio-erreakzioan askatzen edo absorbatzen den bero guztia 0°C -tan dauden 25 g izotz berotzeko edo hozteko erabiltzen bada, ze tenperatura lortuko da 0,3 mol H_2 erabiltzen direnean?

Datuak:

$c_p(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = 1 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

$c_p(\text{H}_2\text{O}, \text{g}) = 0,5 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

$\Delta H_{\text{baporatze}} = 540 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1}$

$\Delta H_{\text{fusio}} = 80 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1}$

V.C.30.- HCN delakoaren produkzio industrialean ondoko erreakzioetatik bat erabil daiteke:



a.- Baldintza standardetan eta ikuspuntu energetikotik, zein da erreakzio egokiena?

b.- Determinatu zein den $\Delta H_f(\text{H}_2\text{O}, \text{g})$ -aren balorea.

c.- Erreakzio bakoitzaren espontaneitatea determina ezazu 25°C-tan.

Datuak:

$$\Delta H_f(\text{CH}_4, \text{g}) = -17,9 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1} \quad \Delta H_f(\text{NH}_3, \text{g}) = -11,04 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$

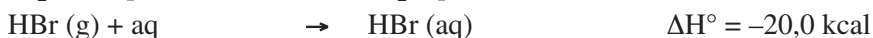
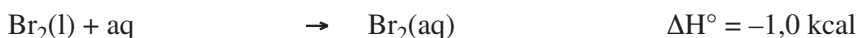
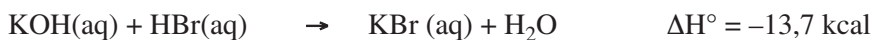
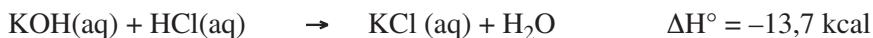
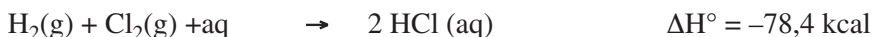
$$\Delta H_f(\text{HCN}, \text{g}) = 31,2 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1} \quad S(\text{CH}_4, \text{g}) = 44,5 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$S(\text{NH}_3, \text{g}) = 46,01 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \quad S(\text{HCN}, \text{g}) = 48,23 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$S(\text{H}_2, \text{g}) = 31,2 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \quad S(\text{H}_2\text{O}, \text{g}) = 45,1 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$S(\text{O}_2, \text{g}) = 49 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

V.C.31.- 298 K-etan hurrengo erreakzioen bidez



Kalkulatu

a.- HBr-aren formazio-entalpia.

b.- HBr-aren formazio-erreakzioaren oreka-konstantea, 298 K-etan, $S^\circ(\text{Br}_2, \text{l}) = 35,4 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, $S^\circ(\text{H}_2, \text{g}) = 31,2 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ eta $S^\circ(\text{HBr}, \text{g}) = 47,4 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ direla jakinik.

c.- Oreka-konstantea 500 K-etan. Ze tenperaturatan izango da HBr-aren oreka-presioa altuagoa?

V.C.32.- $2 \text{CO}_2 (\text{g}) \rightarrow 2 \text{CO} (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g})$ erreakzioaren ΔG , 1 atm-tan eta 298 K-etan determinatu. Erreaktiboen eta produktuen formazio-entalpiak eta entropia absolutuak tauletan begiratu. Erreakzioa espontaneo izango al da?

VI. Fase-alaketak

A.- GALDERAK

VI.A.1.- Baldintzak aldatuz, A konposatu bat hiru egoera fisikoetan ager daiteke. Hau jakinez, erantzun itzazu galdera hauek, arrazonatuz:

- a.- Gas bat, presioa gehituz, tenperatura guztietan isotermikoki likidotu al daiteke. Zergatik?
- b.- Posible da bi egoera orekan egotea? Eta hiru egoera? Ze baldintzetan?

VI.A.2.- Gela batean, 1 l-ko A ontzi bat 1 l urez beteta dago; beste gela batean, 5 l-ko B ontzi batek 2 l ur ditu. A eta B ontzien formak hauek izanik,



zer esan daiteke gela bakoitzeko uraren bapore-presioari buruz? Suposatu, gela biak tenperatura berdinean daudela.

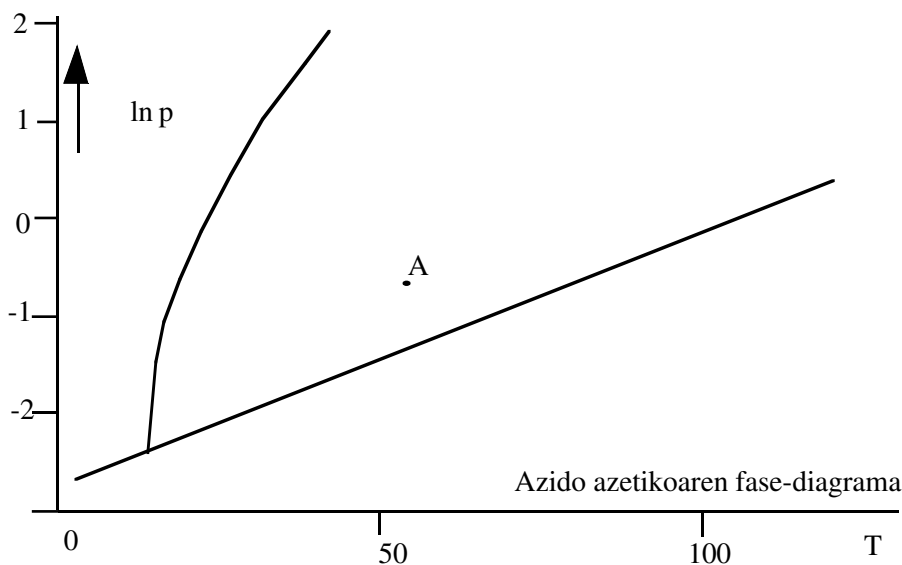
VIA..3.- Butanoaren irakite-puntu normala $-0,5^{\circ}\text{C}$ da, eta bere bapore-presioa 25°C -tan, 2,28 atm. Ondoko baieztapenetatik esan zein edo zeintzuk diren zuzenak, arrazonatuz:

- a.- 25°C -tan bonbona batean dagoen butanoa 1 atm-tan badago, likido moduan egongo da.
- b.- 25°C -tan butano-bonbona batek 0,6 atm-ko presioarekin butano likidorik ezin du eduki.
- c.- Butanoaren tenperatura kritikoak 0°C baino altuago izan behar du.
- d.- Butano likidoa duen bonbona bat 25°C -tan badago, bertatik ateratzen den butanoaren presioa gero eta txikiagoa izango da.

VI.A.4.- Ondoko irudian, azido azetiko puruaren fase-diagrama errepresentatzen da.

- a.- Ze prozesu errepresentatzen dute diagrama horretako lerro desberdinek?

- b.- Prozesu bakoitzean, presio eta temperatura erlazionatzen dituen ekuazioa adierazi.
- c.- Irudiak ematen duen informazio numerikoaren bidez, determinatu:
 - 1.- Azido azetikoaren fusio- eta irakite-tenperatura normalak.
 - 2.- Azido azetiko likidoaren baporatze-entalpia. Tenperaturarekin aldatzen ez dela suposatu.
- d.- Azido azetiko A puntuak adierazten duen egoeran aurkitzen bada,
 - 1.- Zein da azido azetikoaren bapore-presioa tenperatura horretan?
 - 2.- A puntuko presioan, zein tenperaturatan hasiko da irakiten?
 - 3.- A puntuko presioa konstante mantenduz, zer gertatuko da azido azetikoaren hotsen denean?



- VI.A.5.- Ontzi ireki batean likido bat dago, inguruarekin kontaktuan daukan azelera 20 cm^2 -koa izanik. Honela, likidoaren bapore-presioa, T tenperaturaren, 30 mm Hg -koa da. Nola eragingo dio likidoaren bapore-presioari:
- a.- Likidoa beste ontzi batera pasatzeak, orduan kanpoarekin 40 cm^2 -ko azalera daukalarik, tenperatura berdinean?
 - b.- Kanpoko presioaren aldaketak?
 - c.- Tenperaturaren aldaketak?
- VI.A.6.- Zer da bapore-presioa? Likido baten ala solido baten bapore-presioa izango da handiagoa? $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ -aren eta $\text{NaCl}(\text{s})$ -aren kasurako aplikatu.

1 litro $\text{H}_2\text{O(l)}$ -aren bapore-presioa, 25°C -tan, neurtuz, A dela ikusten da.

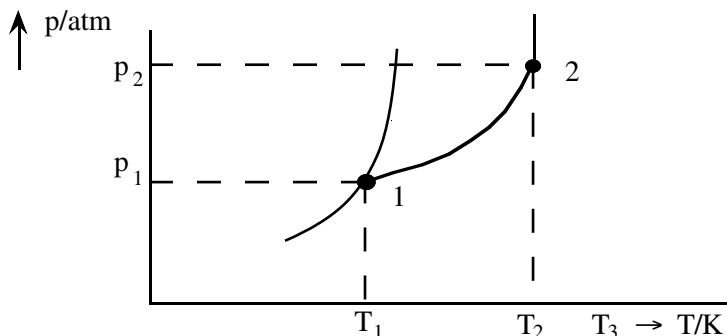
- a.- Nola aldatuko da A balorea 2 litro H_2O erabiltzerakoan?
- b.- Zer gertatuko litzateke bapore-presioarekin tamaina desberdineko ontzia erabiltzen denean? Eta esperimentua 40°C -tan egiten denean?

VI.A.7.- Anhidrido karboniko gasa, presio eta tenperatura determinatuetan dago, eta likido bihurtzea nahi da. Horretarako presioa gehitzen da, baina nahiz eta presio oso handia egin, ez da likidotzen.

- a.- Zein uste duzu dela konportamendu honen arrazoa?
- b.- Ze faktore edo baldintza aldatu beharko dira anhidrido karboniko hori likidotzeko?
- c.- Anhidrido karboniko gasa eta likidoa baldintza berdinetan orekan egon daitezke?

VI.A.8.- Substantzia batek ondoko fase-diagrama daukala jakinik,

- a.- (1) eta (2) puntuei dagozkien p eta T baldintzetan substantzia honen propietateak azaldu.
- b.- Substantzia honen partikulen energiak (abiadurak) hiru egoera desberdinetan eztabaidatu.



VI.A.9.- B substantzia hipotetiko batentzat ondoko datuak ezagutzen dira, puntu kritikoa: 80° ; 1,86 atm
fusio-puntu normala: 1°C
B(s)-aren bapore-presioak, -20°C -tan, -10°C -tan eta 10°C -tan, 0,29 atm, 0,38 atm eta 0,77 atm dira hurrenez hurren.
B(l)-aren bapore-presioak, -20°C -tan, $+10^\circ\text{C}$ -tan eta 20°C -tan, 0,38 atm, 0,58 atm eta 0,67 atm dira hurrenez hurren.

- a.- B konposatuaren fase-diagrama errepresentatu.
- b.- B konposatuaren irakite-puntu normala determinatu.
- c.- B konposatuaren hiru faseak zein puntutan koexistituko diren eztabaidatu.
- d.- 83°C-tan B(l) eta B(s) lortzea posible izango da? Eta B(l)-a, 0,4 atm-ko presioa baino presio baxuagoetan?

VI.A.10.- Substantzia baten fase-diagrama 8. galderan agertzen dena da.

- a.- $p_1 > 1$ atm dela jakinik, posible da substantzia hori baldintza standardetan likido gisan aurkitzea?
- b.- T_3 temperaturan, likidotan transformatu daiteke substantzia hori?

VI.A.11.- A konposatu hipotetiko batentzat, datu hauek ezagutzen dira.

- Puntu kritikoa, 30 atm, -20°C
 - Fusio-puntuak, 30 eta 15 atm-tan, -59 eta -65 °C, hurrenez hurren.
 - Bapote-presioak, egoera solidoan, -89, -81 eta -74°C-tan, 1,5; 3 eta 4, 5 atm, hurrenez hurren.
 - Bapote-presioak, egoera likidoan, -29, -40 eta -60°C-tan, 20; 14,5 eta 7,5 atm, hurrenez hurren
- a.- Konposatu honen fase-diagramaren eskema egin.
 - b.- Zer esan daiteke konposatu honen irakite-tenperatura normalari buruz?
 - c.- Konposatua -95°C-tan eta 2,5 atm-tan aurkitzen bada, likidotzeko mekanismo esperimental baten prestaketaren muntaketak pena mereziko luke? Eta konstante mantentzen dena tenperatura denean?
 - d.- Zer gertatuko litzateke konposatu hau -10°C-ko tenperatura konstantez likidotzen saiatuko bagina?
 - e.- Konposatua -10°C-tan eta 20 atm-tan aurkitzen bada, presio konstantez tenperatura -80°C-raino beheratzen denean aurki daitezkeen egoera desberdinak azal itzazu.

VI.A.12.- Ondoko esaldiak eztabaidatu:

- a.- Baldintza batzutan gas bat likidotzea ez da posible.
- b.- Ez da posible substantzia baten hiru egoerak baldintza determinatu batzutan, orekan, koexistitzea.
- c.- Zenbat eta tenperatura baxuagoa, solido baten bapote-presioa altuagoa da.

VI.A.13.- Anhidrido sulfurosoaren puntu kritikoa 157°C-tan eta 78 atm-tan dago, eta anhidrido sulfuroso likidoak, 25°C-tan, 3,8 atm-ko bapote-presioa du. Esan, azalduz, ondoko baieztapenetatik zeintzuk diren zuzenak:

- a.- Anhidrido sulfurosoa, 25°C-tan eta presio atmosferikotan, gasa da.
- b.- Anhidrido sulfurosoz betetako tanke batek, 25°C-tan, 5 atm-ko presioa ukan dezake.
- c.- 150°C-ra eta 80 atm-ko presiora hoztutako anhidrido sulfuroso gaseosoa kondentsatuko da.
- d.- Anhidrido sulfurosoaren irakite-puntu normala 25°C eta 157°C tartean aurkitzen da.

B.- PROBLEMA EBATZIAK

VI.B.1.- 100 litro aire, 20°C-tan eta 1 atm-tan, eter etilikoarekin nahastatzen dira, airea eterrez saturatuta ateratzen delarik, baldintza berdinetan. Kalkulatu:

- a.- Zenbat gramo eter baporatzen diren.
- b.- Nahasturaren bolumen finala.
- c.- Nahastura 10 atm-raino isotermikoki konprimatzen denean, zenbat eter errekuuperatuko den.

Datuak: $p_v(\text{eterra}, 20^\circ\text{C}) = 422 \text{ mm Hg}$

Ebazpena:

- a.- Aire 20°C-tan, eterrez saturatuta ateratzen bada 1 atm-tan, eterraren frakzio molarra nahasturan ezaguna izango da, zeren eterraren presio partziala bere bapore-presioa izango baita. Beraz,

$$x_{\text{eter}} = \frac{p_{\text{eter}}}{p_{\text{osoa}}} = \frac{422 \text{ mm Hg}}{760 \text{ mm Hg}} = 0,555$$

eta

$$x_{\text{airea}} = 1 - x_{\text{eter}} = 0,445$$

Zenbat gramo eter baporatzen diren jakiteko, eterraren mol-kopurura bapore-fasean determinatu behar da:

$$x_{\text{aire}} = \frac{n_{\text{aire}}}{n_{\text{totala}}}, \quad x_{\text{eter}} = \frac{n_{\text{eter}}}{n_{\text{totala}}}, \quad \frac{x_{\text{aire}}}{x_{\text{eter}}} = \frac{n_{\text{aire}}}{n_{\text{eter}}}$$

$$n_{\text{eter}} = \frac{n_{\text{aire}} \cdot x_{\text{eter}}}{x_{\text{aire}}}$$

Erlazio horretan dena ezaguna da, n_{aire} izan ezik. Baina kantitate hau determina daiteke, eterrez saturatu aurretiko kantitatearen berdina izango baita:

$$n_{\text{aire}} = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} = \frac{1 \text{ atm} \cdot 100 \text{ l}}{0,082 \text{ atm} \cdot \text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} (273,15 + 20) \text{ K}} = 4,160 \text{ mol}$$

$$n_{\text{eter}} = \frac{4,160 \text{ mol} \cdot 0,555}{0,445} = 5,188 \text{ mol}$$

Gramotan, eter etilikoaren ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-O-CH}_2\text{-CH}_3$) pisu molekularra 74,123 denez, 384,5 gramo baporatzen dira.

a. *emaitza*: 384,6 g eter

- b.- Bolumenaren determinazioa airearen edo eterraren presio partzialarekin eta mol-kopuruarekin egin daiteke; eterrenarekin eginez,

$$V = \frac{n_{\text{eter}} \cdot R \cdot T}{P_{\text{eter}}} =$$

$$= \frac{5,188 \text{ mol} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 293,15 \text{ K}}{(422/760) \text{ atm}} =$$

$$= 224,60 \text{ l}$$

b. *emaitza*: 224,60 l

- c.- Nahiz eta presioa gehitu, temperatura aldatu ez denez, eterraren presio partziala, bapore-eran, berdina izango da: 422 mm Hg, saturatuta egongo baita:

$$x_{\text{eter}} = \frac{p_{\text{eter}}}{p_{\text{osoa}}} = \frac{422 \text{ mm Hg}}{(10 \cdot 760) \text{ mm Hg}} = 0,0555$$

eta

$$x_{\text{aire}} = 1 - x_{\text{eter}} = 0,9445$$

n_{aire} berdina izango denez, hots, $n_{\text{aire}} = 4,160$ izango denez,

$$n_{\text{eter}} = \frac{n_{\text{aire}} \cdot x_{\text{eter}}}{x_{\text{aire}}} = \frac{4,160 \text{ mol} \cdot 0,0555}{0,9445} = 0,244 \text{ mol}$$

Beraz, bapore-eran 0,244 mol badaude, kondentsatu edo errekupeatu direnak hauek izango dira:

$$5,188 \text{ mol} - 0,244 \text{ mol} = 4,944 \text{ mol}$$

$$\text{eta gramotan, } 4,944 \text{ mol} \cdot 74,123 \text{ g/mol} = 366,5 \text{ g.}$$

c. *emaitza*: 366,5 g.

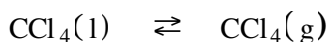
VI.B.2.- Karbono tetrakloruro likidoaren bapore presioak, temperatura desberdinetan, ondoko taulan ematen dira:

T/°C	10	20	30	40
p/mm Hg	56,0	91,0	143,0	215,8

- Determinatu baporatze-prozesuaren ΔH° .
- Tarte horretan, $\Delta H^\circ_{\text{baporatze}}$ konstante al da?
- Zein da karbono tetrakloruroaren bapore-presioa 15°C-tan?

Ebazpena:

- Karbono tetrakloruroaren bapore-presioa ondoko prozesuaren oreka-konstantea da:



Clausius-Clapeyron-en ekuazioa jarraituz, bapore-presioa temperaturarekin honela aldatzen da:

$$\ln p = -\frac{\Delta H^\circ}{RT} + \frac{\Delta S^\circ}{R}$$

non p, bapore-presioa, atmosferatan, delarik, T, temperatura absolututa, ΔH° , baporatze-prozesuaren entalpia-aldaketa, eta ΔS° , prozesu berdinen entropia-aldaketa.

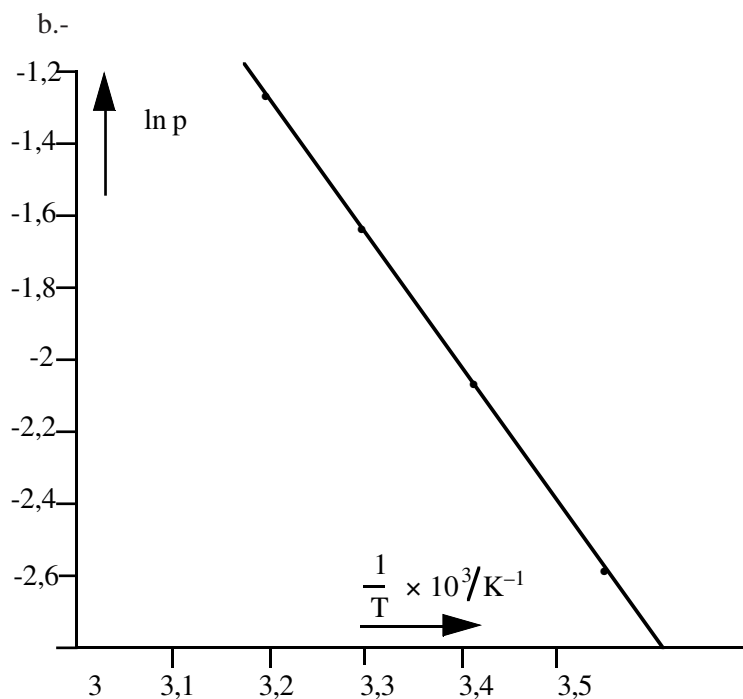
ΔH° eta ΔS° temperaturarekin konstanteak direla suposatuz, $\ln p$ vs. $1/T$ errepresentatuz, lerro zuzen bat lortuko da, malda $-\Delta H^\circ/R$ delarik.

p/atm	$7,36 \cdot 10^{-2}$	0,120	0,188	0,284
T/K	283,15	293,15	303,15	313,15

eta

ln p	-2,61	-2,12	-1,67	-1,26
$\frac{1}{T} \cdot 10^3 / \text{K}^{-1}$	3,532	3,411	3,299	3,193

errepresentatuz,



zuzen bat ateratzen da, maldatik $-\Delta H^\circ / R = -3987 \text{ K}$

$$\Delta H_{\text{bap}}^\circ = 33,1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

a emaitza: $33,1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

Lerro zuzena lortzen denez, $\Delta H_{\text{bap}}^\circ$ konstantea da

b emaitza: bai

c.- Bapore-presioa 15°C -tan, grafikotik determina dezakegu:

$$15^\circ\text{C} \rightarrow 288,15 \text{ K} \rightarrow \frac{1}{T} = 3,470 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

eta grafikoan, temperatura horretan, zera ikusten da:

$$\ln p = -2,36; \quad p = 0,0944 \text{ atm}; \quad p = 71,76 \text{ mm Hg}$$

c emaitza: 71,76 mm Hg

VI.B.3.- Cu(s)-aren eta Cu(l)-aren bapore-presioak temperaturarekiko honela aldatzen dira, hurrenez hurren:

$$\log p(\text{mm Hg}) = -\frac{17260}{T} + 9,23$$

$$\log p(\text{mm Hg}) = -\frac{16870}{T} + 8,91$$

Determinatu

- Puntu hirukoitzaren temperatura eta presioa.
- Cu(s)-aren fusio-entalpia eta fusio-entropia, temperaturarekin ez direla aldatzen suposatuz.

Ebazpena

- Puntu hirukoitzean, solidoaren eta likidoaren bapore-presioak berdinak dira, beraz,

$$p_v(\text{solido}) = p_v(\text{likido})$$

$$\log p_v(\text{solido}) = \log p_v(\text{likido})$$

$$-\frac{17260}{T_h} + 9,23 = -\frac{16870}{T_h} + 8,91; \quad T_h = 1218,75 \text{ K}$$

Presioa determinatzeko, ekuazio bata zein bestea erabil daiteke:

$$\log p(\text{mm Hg}) = -\frac{17260}{1218,75} + 9,23 = -4,93;$$

$$p_h = 1,17 \cdot 10^{-5} \text{ mm Hg}$$

a emaitza: 1218,75 K, $1,17 \cdot 10^{-5} \text{ mm Hg}$

- Sublimazio- eta baporatze-prozesuen ΔH° eta ΔS° determinatuz, $\Delta H_{\text{fusio}}^\circ$ eta $\Delta S_{\text{fusio}}^\circ$ determina daitezke:

$$\Delta H_{\text{fusio}}^{\circ} = \Delta H_{\text{sub}}^{\circ} - \Delta H_{\text{bap}}^{\circ}$$

$$\Delta S_{\text{fusio}}^{\circ} = \Delta S_{\text{sub}}^{\circ} - \Delta S_{\text{bap}}^{\circ}$$

Solido baten bapore-presioa tenperaturarekin honela aldatzen da:

$$\ln p = -\frac{\Delta H_{\text{sub}}^{\circ}}{RT} + \frac{\Delta S_{\text{sub}}^{\circ}}{R} \quad (1)$$

Presioa atm-tan jarritz, hots, $\log p$ (mm Hg)-tik $\ln p$ (atm)-ra pasatuz,

$$\ln p(\text{atm}) = 2,3026 \log p(\text{atm}) = 2,3026 \log (p(\text{mm Hg})/760)$$

$$\ln p(\text{atm}) = 2,3026 \log p(\text{mm Hg}) - 6,6333$$

Beraz, solidoaren bapore-presioak erabiliz

$$\ln p(\text{atm}) = 2,3026 \left[-\frac{17260}{T} + 9,23 \right] - 6,6333$$

$$\ln p(\text{atm}) = -\frac{39742,62}{T} + 14,620$$

Ekuazio hau, (1) ekuazioarekin konparatuz,

$$-\frac{\Delta H_{\text{sub}}^{\circ}}{R} = -39742,62 \text{ K} \quad \Delta H_{\text{sub}}^{\circ} = 330,44 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\frac{\Delta S_{\text{sub}}^{\circ}}{R} = 14,620 \quad \Delta S_{\text{sub}}^{\circ} = 121,56 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Likidoaren bapore-presioarekin berdin eginez,

$$\ln p(\text{atm}) = 2,3026 \left[-\frac{16870}{T} + 8,91 \right] - 6,6333$$

$$\ln p(\text{atm}) = -\frac{38844,86}{T} + 13,883$$

Eta (1) ekuazioarekin konparatuz

$$-\frac{\Delta H_{\text{bap}}^{\circ}}{R} = -38844,86 \text{ K} \quad \Delta H_{\text{bap}}^{\circ} = 322,97 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\frac{\Delta S_{\text{bap}}^{\circ}}{R} = 13,883 \quad \Delta S_{\text{bap}}^{\circ} = 115,43 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Honela,

$$\Delta H_{\text{fusio}}^{\circ} = \Delta H_{\text{sublimatze}}^{\circ} - \Delta H_{\text{baporatze}}^{\circ} = 7,47 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta S_{\text{fusio}}^{\circ} = \Delta S_{\text{sublimatze}}^{\circ} - \Delta S_{\text{baporatze}}^{\circ} = 6,13 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$b \text{ emaitza } \Delta H_{\text{fusio}}^{\circ} = 7,47 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}; \Delta S_{\text{fusio}}^{\circ} = 6,13 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

C.- PROBLEMAK

VI.C.1.- 1 litro aire 760 torr-etan eta 86°C-tan, 1 ml urarekin tenperatura berberan nahasten da, esperimentuaren zehar gas-fasearen bolumena konstante mantentzen delarik. Tenperatura horretan, uraren bapore-presioa 451 torr da, eta bere dentsitatea 0,99 g · cm⁻³ da. Oreka lortzen denean, determinatu:

- a.- Zein den presio totala.
- b.- Zenbat mol ur baporatuko diren.
- c.- Zer bolumen ur geratuko den likido bezala.

VI.C.2.- 0,1 mol bentzeno 25 °C-tan daude.

- a.- Zein izan behar da ontziaren bolumena bentzeno guztia gas-egoeran aurkitzeko?
- b.- Zein izango da bentzenoaren presioa ontziaren bolumena 12 l denean?
- c.- Eta 30 l denean?

Datua: Bentzenoaren bapore-presioa (25°C-tan) = 92 mm Hg

VI.C.3.- Bentzenoaren bapore-presioak tenperatura desberdinetan hauek dira:

p/mm Hg	75	118	181	269
T/°C	20	30	40	50

Demagun bentzeno-baporezko muestra bat 50°C-tan eta 120 mm Hg-tan aurkitzen dela.

- a.- Isobarikoki 40°C-raino hozten denean, bentzenorik kondentsatuko al da?
- b.- Eta 30°C-raino hozten denean? Eta 20°C-raino?
- c.- Determinatu bentzenoa kondentsatzen hasten deneko tenperatura.
- d.- Metodo grafiko baten bidez determinatu ΔH (baporatze).

VI.C.4.- Karbono disulfuroaren bapore-presioa 0°C-tan 128 mm Hg bada, eta baporatze-beroa $6850 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1}$, kalkulatu bere irakite-puntu normala.

VI.C.5.- Uraren baporatze-beroa $540 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1}$ bada, zein da egin behar dugun presioa urak 75°C-tan irakiteko?

Datua: Uraren irakite-tenperatura normala: 373 K.

VI.C.6.- Azetonitriloaren irakite-tenperatura normala 353 K da eta baporatze-beroa, tenperatura horretan, $29,85 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$. Presioa $5,055 \cdot 10^4 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ izanik, kalkulatu bere irakite-tenperatura.

VI.C.7.- Argon solidoaren eta likidoaren bapore-presioak honela adieraz daitezke hurrenez hurren:

$$\log p(\text{N} \cdot \text{m}^{-2}) = -\frac{407,2}{T} + 9,699$$

$$\log p(\text{N} \cdot \text{m}^{-2}) = -\frac{356,5}{T} + 9,085$$

Kalkulatu puntu hirukoitzaren tenperatura eta presioa.

VI.C.8.- Anhidrido karboniko solidoaren eta likidoaren bapore-presioak honela espresa daitezke hurrenez hurren:

$$\log p(\text{N} \cdot \text{m}^{-2}) = 11,986 - \frac{1360}{T}$$

$$\log p(\text{N} \cdot \text{m}^{-2}) = 9,729 - \frac{874}{T}$$

Anhidrido karbonikoa presio atmosferikoaren pean likido gisan ezin daitekela egon frogatu ezazu.

VI.C.9.- Aluminio fundituaren baporatzearen Gibbs-en energia-aldaketa standarda, 1860 K-tan, $12,15 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$ da. Zein da aluminio fundituaren bapore-presioa tenperatura horretan?

VI.C.10.- A(s)-aren eta A(l)-aren bapore-presioak temperaturarekiko honela aldatzen dira:

$$A(s): \log p(\text{mm Hg}) = -\frac{1620}{T} + 8,1$$

$$A(l): \log p(\text{mm Hg}) = -\frac{1320}{T} + 7,1$$

Determinatu

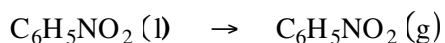
- Puntu hirukoitzaren presioa eta temperatura
- Irakite-tenperatura normala
- A substantziaren fusio-entalpia
- Fusio-tenperatura normala 301 K dela jakinik, konposatu honen fase-diagramaren eskema bat egizu.

VI.C.11.- Nitrobentzenoaren ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$) bapore-presioa ondoko taulan agertzen delarik:

T/°C	44,4	71,6	84,9	99,3	115,4	210
p_v/mmHg	1	5	10	20	40	760

Kalkulatu:

- Hurrengo prozesuaren Gibbs-en energia-aldaketa standarda, 298 K-etan:



- 4 l-ko ganbara batean, 50°C-tan, 3 cm³ nitrobentzeno likido sartuko balira, zenbat nitrobentzeno geratuko litzaiguke likido gisan?

Datuak: $\rho(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = 1,174 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 25°C-tan.

VII. Ez-elektrolitoen disoluzioak

A.- GALDERAK

- VII.A.1.- Nola prestatuko zenituzke borax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)-zko hiru ur-disoluzio, bata, gainsaturatua, bestea saturatua eta hirugarrena, diluitua, 20°C -tan, jakinez bere disolbagarritasuna, tenperatura horretan, 70 g borax 100 g uretan dela? Boraxaren disolbagarritasuna tenperaturarekin gehitzen bada, zer esan daiteke disoluzio-prozesuaren ΔH -ri buruz? Beroa absorbatu ala askatu egiten da? Erantzunak arrazonatu.
- VII.A.2.- NH_3 , HCl , O_2 , CO_2 eta CH_4 gasekin osotuta dagoen nahastura ekimolekularra, uraren zehar, 25°C -tan, burbuilarazten da.
- a.- Kualitatiboki azaldu, jatorrizkoarekin konparatuz, nolakoa izango den uretan disolbatua geratzen den nahasturaren konposizioa.
 - b.- Zer aldatuko beharko genuke, metanoaren proportzioa uretan, beste osagai guztiena baino handiagoa izateko?
 - c.- Nola azal daiteke solido baten disolbagarritasuna likidoetan tenperaturarekin normalean gehitzea, eta alderantziz gas batena gutxitzea?
- VII.A.3.-
- a.- Bi osagai hegazkor likidoren artean, ze motatako disoluzio ez-ideal forma daitezke?
 - b.- Energiaren eta entropiaren aldaketak kontutan hartuz, zein kasutan ez da egongo osagai bataren besteango disolbagarritasun-mugarik?
 - c.- Energia-aldaketa negatiboa dela suposatuz, nola aldatuko dira, kualitatiboki, nahasturaren konposizioarekiko, bapore-presioa eta irakite-tenperatura normala?
 - d.- Zer ikusiko zenuke bi osagaien bereizketa distilazioz egiterakoan?
- VII.A.4.-
- a.- Noiz kontsidera daiteke disoluzio bat idealaren modukoa dela? Raoult-en legea ze baldintzetan betetzen da? Arrazonatu.
 - b.- Likido puru bi, 20°C -tan eta 1 atm-tan daude, azetona (bapore-presioa, 20°C -tan, 181,7 mm Hg), eta ura (bapore-presioa, 20°C -tan, 17,5 mm Hg). Likido biak, tenperatura aldatu gabe, nahasten dira. Nolakoa izango da nahasturaren bapore-presioa? Osagai

bakoitzaren bapore-presioarekin konparatu. Suposatu disoluzioa idealaren moduan konportatzen dela.

- c.- Ze prozedura segituko zenuke azetona eta ura bereizteko? Ze distilazio-mota erabiliko zenuke? Zergatik? Prozesuaren pausu guztiak azaldu.

VII.A.5.- Bi substantiza likidoren nahastura batean, molekulen arteko elkarrekzioak likido puruen molekulen arteko elkarrekzioen ordenakoak dira, eta irakite-tenperaturaraino berotzen da. Honetan oinarrituz, ondoko baieztapenak eztatidatu:

- a.- Lortzen den baporea osagai ez-hegazkorrenean aberatsago izango da.
b.- Edozein osagairen frakzio molarra bapore-eran, honela adieraz daiteke:

$$y_A = x_A p_A^\circ / (x_A p_A^\circ + x_B p_B^\circ)$$

- c.- Lortzen den baporea osagai hegazkorrenean aberatsago izango da.
d.- Lortzen den baporeak, osagai bietan, hasierako likidoaren konposizio berdina edukiko du.

VII.A.6.- Normalki solido baten disolbagarritasuna uretan gehitu egiten da tenperaturarekin. Berdin gertatzen al da gas baten disolbagarritasunarekin? Konportamendu bien zergatikoak eman, justifikatuz. Galdera honen erantzuna kontutan edukiz, zergatik champagne-a kopa hotzetan zerbitzen da?

VII.A.7.- Solido baten disolbagarritasuna aldatzen al da presioarekin? Eta gas batena? Justifikatu.

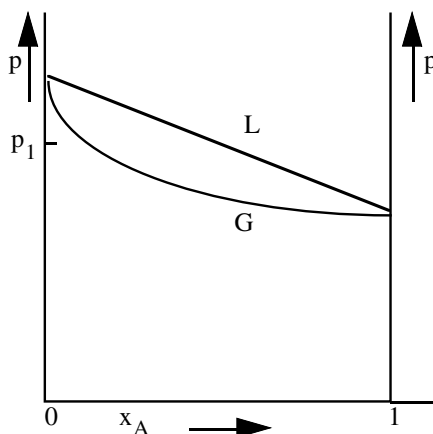
VII.A.8.- Metanolaren irakite-puntu normala 65°C da, eta eter etilikoarena, 34,5°C.

- a.- 1.- Likido bien bapore-presioak 25°C-tan konparatu, bien arteko desberdintasunaren azalpena maila molekularrean emanez.
2.- Zer gertatuko litzaieke bapore-presio horiei, tenperatura-gehipen baten kasuan?

- b.- Likido biak nahasten direnean bero-askapen bat gertatzen dela jakinik,
- 1.- Disoluzio horri dagokion bapore-presioa vs konposizio, eta tenperatura vs konposizio eskemak irudikatu.
 - 2.- Ze eratako distilazio-mota erabiliko zenuke likido biak bereizteko? Osagai bietatik, zeinek distilatuko luke?

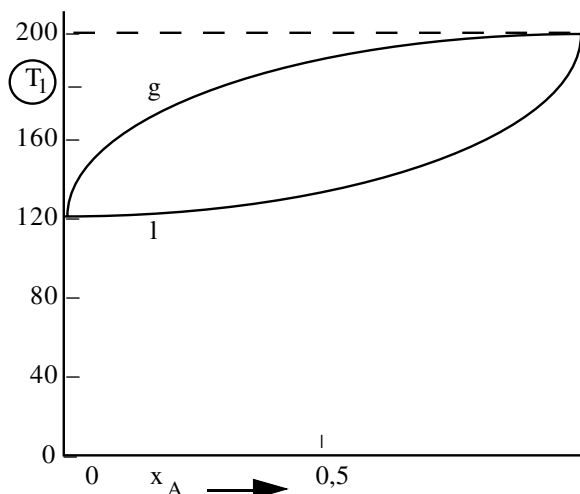
VII.A.9.- A eta B konposatuen nahastura baten bapore-presioa, fase likidoaren eta fase gaseosoaren konposizio desberdinetarako, irudian emanik dator.

- a.- Disoluzioa ideala izan daiteke?
- b.- Zein da bi osagaietatik hegazkorrena?
- c.- Zein da p_1 presiotan dagoen disoluzioarekin orekan dagoen baporearen konposizioa?
- d.- Irudikatu, kualitatiboki, eta presioa konstante denean, irakin-tenperatura versus konposizio delako diagrama, fase likidoarentzat eta fase gaseosoarentzat.
- e.- Nahasturaren osagaien bereizketa egiterakoan, zeinek distilatuko du, eta zergatik?



VII.A.10.- A eta B konposatuen nahasturaren irakite-tenperatura, fase likidoan eta fase gaseosoan, eta gas-fasearen konposizioarekiko hurrengo irudian errepresentatzen da.

- a.- Disoluzioa ideala izan daiteke?
- b.- Zein da handiago, A- ala B-ren bapore-presioa?
- c.- Zein da baporearen konposizioa, T_1 tenperaturan disoluzioarekin orekan badago?
- d.- Kualitatiboki, presioa versus gas-fasearen eta likido-fasearen konposizioa errepresentatu, $T = \text{kte}$ denean.
- e.- Nahasturaren bereizketa egiterakoan, zein distilatuko da? Zergatik?



VII.A.11.- A substantzia baten disolbagarritasuna, 20°C-tan eta 100 g uretan, 6 g da, eta bere disolbagarritasuna tenperaturarekin gehitu egiten dela jakinik, esan

- Nola presta daitezkeen disoluzio diluitu, saturatu eta gainsaturatuak.
- Disoluzio-prozesuaren ΔH positiboa ala negatiboa izango den.
- Disoluzioa idealaren moduan konportatuko den ala ez.
- Adierazi A substantziaren disolbagarritasuna 1) pisuko %-tan, 2) Molalitate moduan, 3) Molaritate moduan, 4) Frakzio molar moduan.

Suposatu ρ (disoluzio) = ρ (H₂O) = 1 g · cm⁻³, eta A-ren pisu molekularra, 75 g · mol⁻¹.

B.- PROBLEMA EBATZIAK

VII.B.1.- a.- Azido klorhidrikozko ur-disoluzio batean azido klorhidrikoaren frakzio molarra 0,189 da, eta dentsitatea 1,160 g · cm⁻³. Determinatu disoluzioaren molaritatea eta molalitatea.

b.- Azido klorhidrikozko 1 M den disoluzio bat prestatu nahi da, baina prestatu ondoren, baloratuz, 0,932 M soilik dela ikusten da. Kalkulatu 0,189-ko frakzio molarra duen disoluziotik zenbat litro bota behar diren disoluzioa 1 M izateko.

Ebazpena

a.- Molaritatea (M) honela defini daiteke.

$$M = \frac{\text{solutuaren mol kopurua}}{\text{litro-disoluzio}}$$

Beraz, disoluzioaren litro batean zenbat mol HCl dagoen determinatuz molaritatea determina daiteke. Disoluzioaren dentsitatea $1,160 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ denez,

$$1 \text{ l disoluziotan} \rightarrow 1160 \text{ g disoluzio}$$

eta

$$n_{\text{HCl}} \cdot \text{PM}(\text{HCl}) \text{ g} + n_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \text{PM}(\text{H}_2\text{O}) \text{ g} = 1160 \text{ g}$$

Beste alde batetik, frakzio molarra ezagutzen denez,

$$x_{\text{HCl}} = \frac{n_{\text{HCl}}}{n_{\text{HCl}} + n_{\text{H}_2\text{O}}} \rightarrow 0,189(n_{\text{HCl}} + n_{\text{H}_2\text{O}}) = n_{\text{HCl}}$$

Honela disoluzioaren 1 litrotan,

$$\left. \begin{array}{l} n_{\text{HCl}} \text{ mol} \cdot 36,46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + n_{\text{H}_2\text{O}} \text{ mol} \cdot 18,015 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1160 \\ 0,189 \cdot n_{\text{HCl}} \text{ mol} + 0,189 \cdot n_{\text{H}_2\text{O}} \text{ mol} = n_{\text{HCl}} \end{array} \right\} \begin{array}{l} n_{\text{H}_2\text{O}} = 43,75 \text{ mol} \\ n_{\text{HCl}} = 10,20 \text{ mol} \end{array}$$

eta

$$M = \frac{10,20 \text{ mol}}{1 \text{ l disoluz.}} = 10,2 \text{ M}$$

Molalitatea (m) honela adieraz daiteke,

$$m = \frac{\text{solutuaren mol kopurua}}{\text{kg disolbatzaile}}$$

eta 10,20 mol HCl, 43,75 mol disolbatzailetan (H_2O) daudenez,

$$43,75 \text{ mol} \cdot 18,015 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 788,2 \text{ g uretan, eta}$$

$$m = \frac{10,2 \text{ mol}}{0,7882 \text{ kg}} = 12,95 \text{ molal}$$

a.- *emaitza*: 10,2 M; 12,94 m

b.- Demagun 0,932 M den disoluzioaren 1 litrori 10,2 M den disoluzioaren x litro gehitzen dizkiogula disoluzioa 1 M izan arte. Mol-kopurua mantendu egiten denez,

$$\begin{array}{rclclcl} 1 \text{ l} & + & x \text{ l} & = & 1+x \text{ l} \\ 0,932 \text{ M} & & 10,2 \text{ M} & & 1 \text{ M} \\ 1 \text{ l} \cdot 0,932 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1} & + & x \text{ l} \cdot 10,2 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1} & & (1+x) \text{ l} \cdot 1 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1} \\ 0,932 \text{ mol} & + & 10,2 x \text{ mol} & = & 1 + x \text{ mol} \end{array}$$

askatuz, $x = 7,4 \cdot 10^{-3} \text{ l}$.

b.- *emaitza*: 1 litrori, $7,4 \cdot 10^{-3} \text{ l}$ gehitu behar zaizkio.

VII.B.2.- Gas bat lortzen den esperimentuetan, normalean hau uraren gainean batzen da, eta kalkuluak egiterakoan gasaren disolbagarritasuna uretan arbuiatu egin ohi da. Determinatu zein den egiten den errorea, %-tan, ondoko esperimentuan. Esperimentu batean lortzen den oxigenoa uretan batzen da 25°C -tan, presio partziala eta bolumena 1 atm eta 100 ml, hurrenez hurren, direlarik, erabilitako ur-bolumena 200 ml izan zen.

Datuak: oxigenoaren disolbagarritasun-konstantea, 25°C -tan, $1,29 \cdot 10^{-3}$.

$$p_v(\text{H}_2\text{O}, 25^\circ\text{C}) = 23,8 \text{ mm Hg}$$

Ebazpena

Egiten den errorea determinatzeko, determina dezagun lehendabizi, oxigenoaren mol-kopurua, disolbagarritasuna arbuiatuz, eta gero, disolbagarritasuna kontutan hartuz.

1.- Disolbagarritasuna arbuaituz.

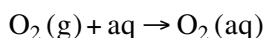
100 ml oxigeno uretan, 1 atm-tan eta 25°C-tan lortzen dira, beraz, gas idealaren moduan konportatzen bada.

$$p_{O_2} = 1 \text{ atm} - p_V(H_2O, 25^\circ C) = 0,969 \text{ atm}$$

$$n_{O_2} = \frac{p_{O_2} \cdot V}{R \cdot T} = \frac{0,969 \text{ atm} \cdot 0,1 \text{ l}}{0,082 \text{ atm} \cdot \text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298,15 \text{ K}} = 3,96 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

2.- Disolbagarritasuna kontutan hartuz,

Oxigenoaren mol-kopuru totala gas-fasean daudenak eta uretan disolbaturik daudenak izango dira. Gas-fasean daudenak, $3,96 \cdot 10^{-3}$ mol dira, zeren 1 atm-tan eta 100 ml-tan baitaude. Eta uretan disolbaturik daudenak honela determina daitezke:



$$K = \frac{[O_2]}{p_{O_2}}$$

non K, disolbagarritasun-konstantea baita, eta tenperaturarekin bakarrik dependitzen baitu; p_{O_2} , presio partziala atm-tan, eta $[O_2]$, kontzentrazioa uretan.

$$\text{Beraz, } [O_2] = K \cdot p_{O_2} = 1,29 \cdot 10^{-3} \cdot 0,969 = 1,25 \cdot 10^{-3}$$

Ebaporatzen den ura, 200 ml-rekin konparatuz, arbuia garria dela suposatuz:

200 ml uretan, oxigenoaren molak:

$$n_{O_2} = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1} \cdot 0,2 \text{ l} = 2,50 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Eta oxigenoaren mol-kopuru totala,

$$3,96 \cdot 10^{-3} \text{ mol} + 2,50 \cdot 10^{-4} \text{ mol} = 4,21 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Errorea honela determina daiteke

$$\frac{4,21 \cdot 10^{-3} \text{ moletan}}{100} \text{ ————— } \frac{(4,21 \cdot 10^{-3} - 3,96 \cdot 10^{-3}) \text{ moletako errorea}}{x}$$

$x = \%5,9$ ko errorea egiten da.

emaitza: %5,9

VII.B.3.- Karbonoz, hidrogenoz eta oxigenoz osaturiko konposatu ez-hegazkor bat, karbono- eta hidrogeno-portzentaiak %40 eta %6,66 direlarik hurrenez hurren, uretan disolbaturik dago, kontzentrazioa %0,20 pisutan izanik; honela, disoluzioaren bapore-presioa 20°C-tan ur puruarena baino 0,0035 mm Hg baxuago da. Determinatu

- a.- Konposatuaren formula molekularra.
- b.- Disoluzioaren presio osmotikoa.
- c.- Disoluzioaren izozte-tenperatura.

Datuak, $p_v(\text{H}_2\text{O}, 1, 20^\circ\text{C}) = 17,5 \text{ mm Hg}$;

$\Delta H(\text{fusio}, \text{H}_2\text{O}) = 6,025 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

Ebazpena

- a.- Konposatuaren formula molekularra determinatzeko, lehendabizi, formula enpirikoa determinatu behar da, eta gero, masa molarra jakinez, formula molekularra determina daiteke. Formula enpirikoa portzentaiak jakinez determina daiteke, eta portzentaiak hauek dira, %40 C; %6,66 H; eta oxigenoarena, totala %100 izan behar denez, diferentziaz determinatzen da:

$$100 - (40 + 6,66) = \%53,34 \text{ O}$$

Beraz, 100 gramotan zenbat mol dagoen determinatuz, eta gero proportzioan,

$$\text{C: } \frac{40 \text{ g}}{12,011 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 3,33 \text{ mol C} \quad \text{—————} 1 \text{ mol C}$$

$$\text{H: } \frac{6,66 \text{ g}}{1,008 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 6,61 \text{ mol H} \quad \text{—————} 2 \text{ mol H}$$

$$\text{O: } \frac{53,34 \text{ g}}{15,999 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 3,33 \text{ mol O} \quad \text{—————} 1 \text{ mol O}$$

Beraz, formula enpirikoa CH_2O da. Formula molekularra $(\text{CH}_2\text{O})_n$ izango da, eta n determinatzeko masa molarra determinatu behar da. Horretarako, disoluzioaren eta disolbatzailearen bapore-presioak ezagutuz eta suposatuz disoluzioa disoluzio idealaren moduan konportatzen dela, Raoult-en legea beteko da:

$$p = p^0 \cdot x_D$$

non p eta p° , disoluzioaren eta disolbatzaile puruaren bapore-presioak izanik hurrenez hurren, eta x_D , disolbatzailearen frakzio molarra. Edo,

$$\Delta p = p^\circ \cdot x_s$$

Δp , disoluzioaren bapore-presioaren beharpena disolbatzailearekiko izanik, eta x_s solutuaren frakzio molarra. Beraz,

$$0,0035 \text{ mm Hg} = 17,5 \text{ mm Hg} \cdot x_s \rightarrow x_s = 2 \cdot 10^{-4}$$

eta disoluzioa %0,2 pisutan denez, 0,2 g solutuko, 99,8 g disolbatzaile daude, hots,

$$x_s = \frac{n_s}{n_s + n_D} = 2 \cdot 10^{-4} = \frac{\frac{0,2 \text{ g}}{\text{PM g} \cdot \text{mol}^{-1}}}{\frac{0,2 \text{ g}}{\text{PM g} \cdot \text{mol}^{-1}} + \frac{99,8 \text{ g}}{18,015 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}}$$

nondik, $\text{PM} = 180,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ateratzen baita

eta n determinatzeko,

$$n(12,011 + 2 \cdot 1,008 + 15,999) = 180,5 \rightarrow n \approx 6$$

formula molekularra $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ izango da.

a.- *emaitza*: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

b.- Disoluzio baten presio osmotikoa, disoluzioa idealaren moduan konportatzen bada, hau izango da,

$$\pi = c \cdot R \cdot T$$

non π , presio osmotikoa baita, c , kontzentrazioa molaritatetan adierazita, R , gasen konstantea, eta T , tenperatura absolutua.

Horregatik, presio osmotikoa determinatzeko kontzentrazioa molaritatetan determinatu behar da.

$$M = \frac{\text{solutuaren mol-kopurua}}{\text{litro-disoluzio}}$$

$$\text{Solutuaren mol-kopurua} = \frac{0,2 \text{ g}}{180,2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1,11 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Solutu-gramo hauek 100 g disoluziotan daude, eta disoluzioa oso diluitua denez, disoluzioaren dentsitatea $\cong$ uraren dentsitatea = $1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ izango dela suposa daiteke.

$$M = \frac{1,11 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{0,100 \text{ l disoluz.}} = 1,11 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

eta

$$\pi = 1,11 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 293,15 \text{ K} = 0,267 \text{ atm}$$

b.- *emaitza*, 0,267 atm.

- c.- Disoluzioaren izozte-tenperaturaren beherapena disolbatzailearekiko, disoluzioa idealaren moduan konportatzen bada, honela adieraz daiteke,

$$\Delta T = K_x \cdot x_s$$

non ΔT , izozte-tenperaturaren beherapena izanik, K_x , konstante krioskopikoa, eta x_s solutuaren frakzio molarra, edo eta

$$\Delta T = K_m \cdot m$$

non K_m , konstante krioskopiko molala baita, eta m disoluzioaren molalitatea. Konstante krioskopikoa disolbatzailearen naturarekin aldatzen da bakarrik, eta urarentzat,

$$K_{xf}(\text{krioskopiko}) = \frac{R \cdot T_{\text{fusio}}^2}{\Delta H_{\text{fusio}}} = \frac{8,3144 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 273,15^2 \text{ K}^2}{6025 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

$$K_{xf} = 102,96 \text{ K}$$

$$\text{eta } \Delta T = 102,96 \text{ K} \cdot 2,10^{-4} = 0,021 \text{ K}$$

Beraz, disoluzioaren izozte-temperatura $273,15 \text{ K} - 0,021 \text{ K} = 273,13 \text{ K}$ edo $-0,021^\circ\text{C}$ izango da.

c.- *emaitza*: $-0,021^\circ\text{C}$

VII.B.4.- CCl_4 -zko eta SnCl_4 -zko nahastura batek 90°C -tan irakiten du, eta tenperatura horretan bapore-presioak 1112 mm Hg eta 362 mm Hg dira hurrenez hurren. Nahastura disoluzio idealaren moduan konportatzen dela suposatuz, determinatu

- a.- Disoluzioaren kontzentrazioa distilatzen hasten denean.
- b.- Baporearen konposizioa.

Ebazpena

- a.- Disoluzioa idealaren moduan konportatzen bada, disoluzioaren bapore-presioa, Raoult-en legearen bidez adieraz daiteke.

$$p_T = x_{\text{CCl}_4} \cdot p_{\text{CCl}_4}^\circ + x_{\text{SnCl}_4} \cdot p_{\text{SnCl}_4}^\circ = p_{\text{CCl}_4} + p_{\text{SnCl}_4}$$

eta disoluzioa 90°C -tan irakiten badago, horrek esan nahi du tenperatura horretan disoluzioaren bapore-presioa kanpoko presioa izango dela, hots, 760 mm Hg izango da, distilazioa hutsean ez bada egiten.

$$760 \text{ mm Hg} = x_{\text{CCl}_4} \cdot 1112 \text{ mm Hg} + x_{\text{SnCl}_4} \cdot 362 \text{ mm Hg}$$

$$\text{eta } x_{\text{CCl}_4} + x_{\text{SnCl}_4} = 1 \text{ denez}$$

$$760 \text{ mm Hg} = 1112 \text{ mm Hg} \cdot x_{\text{CCl}_4} + (1 - x_{\text{CCl}_4}) \cdot 362 \text{ mm Hg}$$

$$\text{hots, } x_{\text{CCl}_4} = 0,531 \text{ eta } x_{\text{SnCl}_4} = 0,469$$

$$\text{a.- emaitza } x_{\text{CCl}_4} = 0,531; \quad x_{\text{SnCl}_4} = 0,469$$

- b.- Baporea gas idealaren moduan konportatzen bada, Dalton-en legea beteko du, hots,

$$p_{\text{CCl}_4} = y_{\text{CCl}_4} \cdot p_T$$

non y_{CCl_4} , CCl_4 -aren frakzio molarra, baporean, baita, p_T -a 760 mm Hg da, eta p_{CCl_4} determinatuz:

$$p_{\text{CCl}_4} = x_{\text{CCl}_4} \cdot p_{\text{CCl}_4}^\circ = 0,531 \cdot 1112 \text{ mm Hg} = 590,47 \text{ mm Hg}$$

$$\text{beraz, } y_{\text{CCl}_4} = \frac{p_{\text{CCl}_4}}{p_T} = \frac{590,47 \text{ mm Hg}}{760 \text{ mm Hg}} = 0,777;$$

$$y_{\text{SnCl}_4} = 1 - y_{\text{CCl}_4} = 0,223$$

$$\text{b.- emaitza, } y_{\text{CCl}_4} = 0,777; \quad y_{\text{SnCl}_4} = 0,223$$

VII.B.5.- 40°C-tan, karbono tetrakloruroaren bapore-presioa p_A° da, eta ziklohexanoarena p_B° da. Suposatuz likido biak disoluzio ideala osotzen dutela eta frakzio molarrek x_A eta x_B direla,

- a.- p_A° , p_B° , x_A eta x_B erabiliz, gas-fasean dauden frakzio molarrek determinatzeko espresio bat lor ezazue.
- b.- Ziklohexanoaren bapore-presioa eta bapore-presio totala determinatzeko espresioa lor ezazue,
 - 1.- Karbono tetrakloruroaren eta ziklohexanoaren frakzio molarrek berdinak direnean.
 - 2.- Karbono tetrakloruroaren frakzio molarra, ziklohexanoaren frakzio molarren bikoitza denean.
- c.- Problema grafikoki ebatzi, baldin $p_A^\circ = 43,3$ mm Hg, eta $p_B^\circ = 184,6$ mm Hg badira.

Ebazpena

- a.- Gas-fasean egongo den presioa, disoluzioaren bapore-presioa izango da, eta hau disoluzio idealaren moduan konportatzen bada, Raoult-en legea jarraituko du,

$$p_T = x_A \cdot p_A^\circ + x_B \cdot p_B^\circ = p_A + p_B$$

p_A , A osagaiak egiten duen bapore-presioa izanik, eta p_B , B osagaiak egiten duena.

Beste alde batetatik, gas-fasean dauden gasak (baporeak) gas idealaren moduan konportatzen badira, Dalton-en legea jarraituko dute,

$$p_A = y_A \cdot p_T; \quad y_A = \frac{p_A}{p_T} = \frac{p_A^\circ \cdot x_A}{p_A^\circ \cdot x_A + p_B^\circ \cdot x_B}$$

$$\text{Antzera, } y_B = \frac{p_B^\circ \cdot x_B}{p_A^\circ \cdot x_A + p_B^\circ \cdot x_B}$$

$$y_A = 1 / \left[1 + \frac{p_B^\circ \cdot x_B}{p_A^\circ \cdot x_A} \right], \text{ eta } y_B = 1 / \left[1 + \frac{p_A^\circ \cdot x_A}{p_B^\circ \cdot x_B} \right]$$

$$\text{a.- emaitza, } y_A = 1 / \left(1 + \left(p_B^\circ \cdot x_B / p_A^\circ \cdot x_A \right) \right), \quad y_B = 1 / \left(1 + \left(p_A^\circ \cdot x_A / p_B^\circ \cdot x_B \right) \right)$$

b.- Disoluzioa idealaren moduan konportatzen bada, Raoult-en legea beteko da,

$$p_B = x_B \cdot p_B^{\circ}$$

eta

$$p_T = x_B \cdot p_B^{\circ} + x_A \cdot p_A^{\circ}$$

Honela, $x_A = x_B$ deneko kasuan, $x_A + x_B = 1$ denez, $x_A = x_B = 0,5$ beraz,

$$p_B = 0,5 \cdot p_B^{\circ}$$

$$p_T = 0,5 \cdot p_B^{\circ} + 0,5 \cdot p_A^{\circ} = 0,5(p_A^{\circ} + p_B^{\circ})$$

Eta $x_A = 2 x_B$ deneko kasuan, $x_A = 0,667$ eta $x_B = 0,333$ izango da.

$$\text{Beraz, } p_B = 0,333 \cdot p_B^{\circ}$$

$$p_T = 0,333 \cdot p_B^{\circ} + 0,667 \cdot p_A^{\circ}$$

$$\text{b.- emaitza: 1.- } p_B = 0,5 \cdot p_B^{\circ}, \quad p_T = 0,5(p_A^{\circ} + p_B^{\circ})$$

$$2.- p_B = 0,333 \cdot p_B^{\circ}; \quad p_T = 0,333 \cdot p_B^{\circ} + 0,667 \cdot p_A^{\circ}$$

c.- Problemaren ebatzia egiteko, p vs x_A errepresentazioa egin daiteke. Idealaren moduan konportatzen denez, errepresentazioak zuzenak izango dira (ikus irudia).

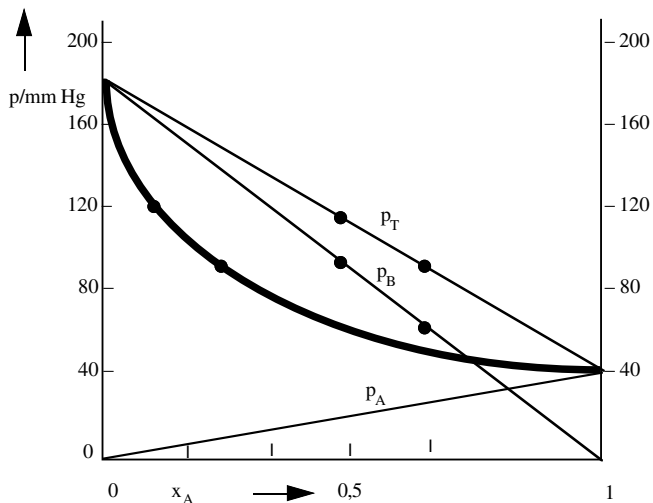
$$\text{Beraz, } p_B(x_A = x_B) = 92,3 \text{ mm Hg; } p_T(x_A = x_B) = 113,95 \text{ mm Hg}$$

$$p_B(x_A = 2x_B) = 61,53 \text{ mm Hg; } p_T(x_A = 2x_B) = 90,40 \text{ mm Hg}$$

Eta A-B disoluzioaren bapore-presio versus konposizio diagrama tenperatura horretan errepresentatzeko, presio bakoitzean y_A determinatu behar da, eta taulan agertzen diren baloreak, irudian (—) bezala errepresentatuta daude.

x_A	0	0,5	0,667	1
y_A	0	0,190	0,319	1

c.- *emaitza*, ($x_A = x_B$) $p_B = 92,3$ mm Hg; $p_T = 113,95$ mm Hg; $y_A = 0,190$
 ($x_A = 2x_B$) $p_B = 61,53$ mm Hg; $p_T = 90,40$ mm Hg; $y_A = 0,319$



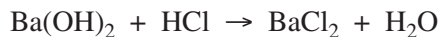
C.- PROBLEMAK

VII.C.1.- Gutxi gorabehera 0,1 M den azido klorhidriko ur-disoluzio bat prestatzen da 12 M diren 8,5 ml, 1 litroraino diluituz; lorturiko disoluzioa baloratu egiten da sodio karbonatozko muestra batekin,



Erabilitako karbonatoaren pisua, 0,275 g da eta erabilitako azidoaren bolumena, 48,5 ml.

- Determinatu azidoaren molaritatea.
- Azido-disoluzioa, bario hidroxidozko disoluzio bat baloratzeko erabiltzen da.



Eta bario hidroxidozko 37,6 ml-k 43,8 ml azido kontsumitzen dituztela ikusten da. Zein da hidroxidoaren disoluzioaren molaritatea?

- VII.C.2.- Azido sulfurikoaren ur-disoluzio baten kontzentrazioa, pisutan, %98,00 da, eta dentsitatea $1,836 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$ (20°C) da. Determinatu azido sulfurikoaren molaritatea, molalitatea, eta frakzio molarra.
- VII.C.3.- Amonio nitratozko ur-disoluzio bat prestatu nahi dugu, bere kontzentrazioa $50 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ izanik. Kalkulatu disoluzio horren 700 cm^3 prestatzeko, ze bolumen azido nitriko ($\rho = 1,375 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$ eta purutasuna %61,79) eta zenbat amoniako ($\rho = 0,918 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$ eta purutasuna %21,5) behar diren.
- VII.C.4.- Oxigenoaren disolbagarritasun-konstanteak uretan tenperatura desberdinetan ondoko taulan agertzen dira,

T/ C	0	10	20	30	40	50
$\text{K} \cdot 10^3$	2,19	1,72	1,41	1,195	1,055	0,952

Determinatu

- Oxigenoaren disolbagarritasun-konstantea $48,5^\circ\text{C}$ -tan, grafikoki.
- Oxigenoaren kontzentrazioa uretan $1,35 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ baino txikiago denean, ur-espezie batek denbora luze batean ezin duela bizi jakinik, determinatu ur-espezie hau bizi daitekeen $48,5^\circ\text{C}$ -tan, atmosferako baldintzetan.
- Ze tenperaturaraino berotu daiteke ura, inguruko baldintzetan espezie hau uretan bizirik egoteko?

Datua. Oxigenoaren kontzentrazioa atmosferan, 20 parte ehuneko, bolumenean.

- VII.C.5.- Determinatu nitrogenoaren eta helioaren disolbagarritasuna uretan, 20 atm-tan eta 25°C -tan. Zergatik itsaspekariak (submarinistek) nitrogeno-oxigeno nahasturaren orde, helio-oxigeno nahastura erabiltzen dute?

Datuak. Disolbagarritasun-konstanteak (25°C).

$$\text{N}_2 = 0,65 \cdot 10^{-3} \quad \text{He} = 0,41 \cdot 10^{-3}$$

- VII.C.6.- Bentzenoaren eta toluenoaren bapores-presioak tenperaturaren funtzioz, ondoko ekuazioen bidez adierazita datoz:

Bentzeno:

$$\ln p(\text{atm}) = - \frac{3,88 \cdot 10^3}{T} + 11,0$$

Tolueno:

$$\ln p(\text{atm}) = - \frac{4,72 \cdot 10^3}{T} + 12,6$$

T, tenperatura K-etan delarik. Bentzenoz eta toluenoz osotutako nahasturak disoluzio idealaren moduan konportatzen direla suposatuz, kalkulatu:

- Nahastura baten frakzio molarra bentzenotan, nahastura horrek 1 atm-ko kanpo-presiotan 97°C-tan irakiten duela jakinik.
- Aurreko disoluzioarekin orekan dagoen baporearen frakzio molarra bentzenotan.
- Bentzenoaren eta toluenoaren baporizazioko entalpiak eta entropiak.

VII.C.7.- Raoult-en legea betetzen dela suposatuz, 245 cm³ uretan 43,68 g azukre (C₁₂H₂₂O₁₁), 25°C-tan, disolbatzen direnean bapore-presioaren aldaketa azaltzen da. 25°C-tan uraren dentsitatea 0,9971 g · cm⁻³ da eta bapore-presioa 25,756 mm Hg. Dentsitatea tenperaturarekin ez dela aldatzen suposatuz, determinatu,

- Disoluzioaren izozte-tenperatura.
- Disoluzioaren irakite-puntua.
- Disoluzioaren presio osmotikoa 20°C-tan ($M \approx m$).
- Disoluzioaren bapore-presioa 100°C-tan, eta 25°C-tan.

Datuak. urarentzat $K_e(\text{molal}) = 0,52 \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}$

$K_f(\text{molal}) = 1,86 \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}$

VII.C.8.- Azukrezko (C₁₂H₂₂O₁₁) disoluzio baten presio osmotikoa 1000 mm Hg da, 20°C-tan. Disoluzioaren 100 g, -2,00°C-raino hozten badira, kalkulatu izozten den ur-kantitatea. Disoluzioaren dentsitatea 1,00 g · ml⁻¹ dela suposatu.

Datua: $K_f(\text{H}_2\text{O}) = 1,86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$

VII.C.9.- Kotxeko irradiagailuaren uraren bolumena 20 l da. Kalkulatu

- a.- -10°C -tan ura izozteko zenbat glizerina bota behar diogun.
- b.- Eta zenbat etilenglikol?

Datuak: Glizerina = $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$

Etilenglikol = $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2\text{OH}$

VII.C.10.- 100 g bentzenotan, hidrokarburo ez-hegazkor baten 2,0 g (bere konposizioa %93,5 C izanik) disolbatzatzen dira. 20°C -tan, lortzen den disoluzioaren bapores-presioa 74,01 torr da. Kalkulatu hidrokarburoaren formula molekularra.

Datua: p_v (bentzeno, 20°C -tan) = 74,76 torr.

VII.C.11.- Bentzenoaren irakite-puntu normala 80°C da, eta toluenoaren bapores-presioa tenperatura berdinean 350 mm Hg. Bien arteko disoluzioak idealaren moduan konportatzen direla suposatuz, kalkulatu

- a.- Disoluzioaren presio totala 80°C -tan, bentzenoaren frakzio molarra 0,2 denean, eta osagaien presio partzialak.
- b.- Aurreko disoluzioarekin orekan dagoen gasaren konposizioa.
- c.- 80°C -tan, eta kanpo-presioa 500 mm Hg denean, irakiten duen disoluzioaren konposizioa.

VII.C.12.- 1 g katalasa (gibelean dagoen entzima bat) uretan disolbatua dago. Disoluzioaren bolumena 27°C -tan 100 ml bada eta bere presio osmotikoa 0,745 mm Hg izanez, determinatu katalasaren masa molarra.

VII.C.13.- 20°C -tan, eter etiliko puruaren bapores-presioa 440 mm Hg da, eta 5,42 g anilina, 100 g eter etilikotan disolbatzen direnean 421,82 mm Hg. Kalkulatu

- a.- Anilinaren masa molarra.
- b.- Disoluzioaren izozte-puntuaren beherapena disolbatzaile puruarekiko.
- c.- Disoluzioaren irakite-puntuaren gorapena.

Datuak: eter etilikoarentzat. K_e (molal) = $1,79 \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}$

K_f (molal) = $1,84 \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}$

VII.C.14.- MX_2 formula duen konposatu molekularren 20 g-rekin eta 100 g bentzenorekin osotzen den disoluzioaren irakite-puntua $82,9^\circ\text{C}$ da. MX formula duen beste konposatu molekularren 10 g-rekin eta 100 g bentzenorekin osotutako beste disoluzio batena, $81,9^\circ\text{C}$ da. Determinatu M- eta X-aren masa molarrak.

Datuak: T_e (bentzeno) = $80,1^\circ\text{C}$

$$K_e \text{ (molal, bentzeno)} = 2,53 \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}$$

VII.C.15.- a.- 25 g etilo bromuroz eta 78,4 g etilo ioduroz osotutako disoluzio ia-ideal batek 40°C -ko irakite-puntua du, 398,6 mm Hg-ko presio-pean. Kalkulatu disoluzio horrekin orekan dagoen baporearen konposizioa.

b.- Osagai berdinez osotutako beste disoluzio batek, 50°C -tan, 543,2 mm Hg-ko bapore-presioa du; eta, disoluzio honekin orekan dagoen baporeak osagai bien kantitate ekimolarrak ditu. Kalkulatu disoluzioaren konposizioa.

c.- Kalkulatu etilo ioduroaren baporatze-beroa (ΔH_v).

Datuak: $p_v(\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}, 40^\circ\text{C}) = 721 \text{ mm Hg}$

$$\Delta H_v(\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}) = 28,62 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

VII.C.16.- Alkohol metiliko-alkohol etiliko disoluzioen bapore-presioak 40°C -tan, eta mm Hg-tan, honela espresa daitezke:

$$p = 119 \cdot x_{\text{CH}_3\text{OH}} + 135$$

Tenperatura honetan zeintzuk dira osagai puruen bapore-presioak?

VII.C.17.- 328 K-etan, etanolaren bapore-presioa 168 mm Hg da, eta metil ziklohexanoarena, 280 mm Hg. Nahastura batean etanolaren konposizioa 0,68 bada, disoluzioaren bapore-presioa 376 mm Hg da. Disoluzio hau idealaren moduan konportatzen da?

VII.C.18.- 273,2 K-etan tolueno puruaren bapore-presioa 111 mm Hg da, eta hexaklorobentzenoarena 309 mm Hg. Bien disoluzioentzat bapore-presioa konposizioarekiko errepresentatu eta disoluzioarekin orekan dagoen baporearen konposizioa ere. Suposatu disoluzioak idealaren moduan konportatzen direla.

VII.C.19.- Etanolak eta metanolak, ia-ideala den disoluzio bat osotzen dute. Etanolaren bapore-presioa 20°C-tan 44,5 mm Hg da eta metanolarena tenperatura berdinean 88,7 mm Hg. Etanolaren frakzio molarra, disoluzioarekin orekan dagoen gas-fasean, 20°C-tan, 0,344 dela jakinik, determinatu:

- a.- Disoluzioan dauden metanolaren gramoak, guztira 60 g etanol daudelarik.
- b.- Ze presio egin behar den disoluzioak 20°C-tan irakiteko.

VII.C.20.- A eta B likidoek nahastura ideal bat formatzen dute. Disoluzio batek A-ren %25 mol du, eta disoluzioarekin orekan dagoen baporeak, 25°C-tan, A-ren %50 du. A-ren baporatze-beroa $20,92 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ da, eta B-rena $29,29 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

- a.- A puruaren bapore-presioaren eta B puruaren bapore-presioaren arteko erlazioa kalkulatu, 25°C-tan.
- b.- Erlazio berdina 100°C-tan kalkulatu.

VIII. Elektrolitoen disoluzioak

A.- GALDERAK

VIII.A.1.- Elektrolito baten disoluzioa uretan, ondoko erreakzioaren bidez adieraz daiteke:



Konduktibitate espezifikoak neurtzeko tresna guztiak daudela eta zelularen konstantea ezaguna dela jakinik, ondoko galderak erantzun, zergatikoa azalduz

- a.- Elektrolito hori ahula edo sendoa den jakiteko, ze neurketa egin behar da? Ze lege bete behar da kasu bakoitzean?
- b.- AB elektrolitoa uretan ahula dela suposatuz, nola determina daiteke disoziatuta dagoen kantitatea? Disoziatzen den kantitate erlatiboa, AB-ren hasierako kontzentrazioarekin aldatuko al da? Zergatik? Arrhenius-en teoria betetzen dela suposatu.

VIII.A.2.- $\Delta T = K \cdot m$ ekuazioa erabiliz, A-B⁺ tipoko gatzen pisu molekularrak krioskopiaz determinatzerakoan, lortutako pisu molekularrak egiazko balore zuzenen erdiaren inguruan aurkitzen dira.

- a.- Zergatikoa adierazi.
- b.- Honelako gatzentzat krioskopian erabiltzen den ekuazioa idatzi, termino bakoitzaren esanahia adieraziz.
- c.- Gatz hauen konportamoldea adierazteko, Arrhenius-en teoria erabili al daiteke? Teoria hori erabiliz, ze ondoriotara helduko zinateke?

VIII.A.3.- 25°C-tan eta 1 atm-tan, NaAc eta HCN direlakoan disoziazio-konstanteak, $\gg 1$ eta $7,94 \cdot 10^{-10}$ dira hurrenez hurren.

- a.- Elektrolito hauek ahulak ala sendoak diren esan, arrazonatuz.
- b.- Kasu bakoitzean konduktibitate molar limitea (μ_0) nola determina daitekeen azaldu.

VIII.A.4.- NaAc-tan 0,1 M den ur-disoluzio baten konduktibitate molarra 25°C-tan $72,76 \Omega^{-1} \text{ cm}^2 \text{ mol}^{-1}$ dela jakinik, eta konduktibitate molar limitea ur-

-disoluziotan, NaAc delakoarentzat, $90,95 \Omega^{-1} \text{ cm}^2 \text{ mol}^{-1}$ dela, determinatu, arrazonatuz, elektrolito hau osorik disoziatuta egongo den ala ez, Arrhenius-en teoria eta Debye-Hückel-en elektrolitoen teoria erabiliz.

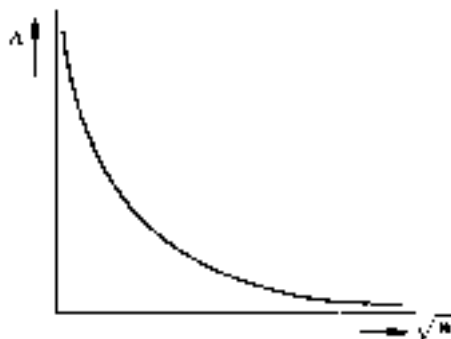
VIII.A.5.- Hiru solidoren disolbagarritasuna uretan, 25°C -tan eta 1 atm-tan, hauek dira:

- 1.- A_2B solido ionikoa, disolbagarritasuna = $38 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$
- 2.- CD solido molekularra, disolbagarritasuna = $40 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$
- 3.- F_3G solido ionikoa, disolbagarritasuna = $10^{-21} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$

- a.- Solido hauekin disoluzio antiizoztaile bat prestatu nahi da, uretan. Zeintzuk erabiliko zenituzke? Zein izango da hoberena? Zergatik?
- b.- Aurreko disoluzioetatik zeinek edukiko du konduktibitate handiena?
- c.- Disoluzio onenarentzako, izozte-tenperaturaren aldaketaren eta konposatuaren molalitate errearen arteko erlazioa determinatu.
- d.- Disoluzio antiizoztaileak beste disolbatzaile batean prestatzen badira, disoluzioaren izozte-tenperatura eta izozte-puntuaren aldaketa desberdinak dira. Hauek determinatzeko, disolbatzailearen ze propietate edo ezaugarri ezagutu behar dira?

VIII.A.6.- Elektrolito baten konduktibitate baliokidea (Λ) kontzentrazioarekiko irudian adierazten den bezala aldatzen da.

- a.- Elektroliota sendoa ala ahula da?
- b.- Elektrolito honentzat, nola determina daiteke Λ_0 ?
- c.- Zergatik erabili behar da "konduktibitate-zelularen konstantea" disoluzioaren konduktibitatea determinatzerakoan? Zein da beraren adierazpidea? Nola determina daiteke?



VIII.A7.- Azpiko taulan, HA elektrolito baten ur-disoluzioen konduktibitate baliokideen baloreak ematen dira, kontzentrazioaren funtzioz,

c / M	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	0,05	0,1	0,2
$\Lambda / \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{baliok}^{-1}$	92,9	34,0	11,3	5,12	3,63	2,58

- Datu hauetatik, azaldu ea elektrolito hau, ahul edo sendo moduan konportatzen den ur-disoluzioetan.
- Nola determinatuko zenuke elektrolito honen Λ_0 ? Determinazio-bide konkretu bat adierazi.
- Zergatik elektrolito baten konduktibitatea neurtzeko zelularen konstantea ezagutzea beharrezko da?

VIII.A.8.- Substantzia baten disoluzio diluitu batzuk prestatzen dira. Disoluzio hauetan konduktibitate baliokidearen gehikuntza ahul bat behatzen da, kontzentrazioa gutxitzen denean. Gertakizun honen arrazoa zera da:

- Disoluzioa diluitzerakoan erroreak egin direla.
- Substantzia honen konduktibitatea elektrolito ahul batena dela.
- Disoluzioko ioien artean elkarrekizio elektrostatikoak gertatzen direla.
- Konportamolde hau elektrolito sendo batena dela.

VIII.A.9.- Ondoko substantzien konduktibitate-limiteak, uretan eta 25°C -tan, konparatu nahi dira.



Horretarako, beharrezko diren aparatuak eta beharrezko litzatekeen beste edozein produktu kimiko eskuragarri direlarik,

- Ze esperimentu egin beharko zenituzke?
- Hiru substantzia horien ur-disoluzio oso diluituak prestatzen dira, 25°C -tan. Hiru disoluzioen irakite-puntuak kualitatiboki konparatu.

VIII.A.10.- Disoluzio hauek ia idealak kontsideratuz, izozte-puntua, irakite-puntua, eta presio osmotikoa konparatu.

1 M azukre (s), uretan

1 M gatz (NaCl , s), uretan

1 M metanol (l), bentzenotan (l)

VIII.A.11.- Ondoko disoluzioak dauzkagu: KCl-a, 1,0 M uretan; azukrea, 1,0 M uretan; Na₂SO₄-a, 1,0 M uretan; azukrea, 1,0 M etanoletan.

- a.- Zeintzuk edukiko dute
 - 1.- Izozte-puntu berdina?
 - 2.- Irakite-puntu berdina?
 - 3.- Bapore-presio berdina?
 - 4.- Presio osmotiko berdina?
- b.- a atalean agertzen diren disoluzioen neurketak, bakoitzaren disolbatzaile puruarekin konparatu.

VIII.A.12.- Nola azal daiteke

- a.- Azukre-disoluzio baten irakite-puntua, ur puruarena baino altuagoa izatea?
- b.- NaCl-tan 0,1 M den disoluzio baten izozte-tenperatura, kontzentrazio berdineko azukre-disoluzio batena baino baxuagoa izatea?
- c.- Mendi baten gailurrean ur-kantimplora ireki batean gas-burbuilak formatzea?
- d.- Ur-disoluzio diluitu baten molaritatea (M) eta molalitatea (m) ia berdinak izatea?

VIII.A.13.- Ur-disoluzio bi daude, bata 0,1 M azukretan, eta bestea 0,1 M NaCl-tan.

- a.- Disoluzio biak kimikoki berdinak dira?
- b.- Disoluzio biak dastatu gabe bereizteko, ze esperimentu egin behar dira? Esperimentuak egiteko modua zehazki azal ezazu.
- c.- Disoluzio biak presio- eta tenperatura-baldintza berdinetan badaude, esan, arrazonatuz, disoluzio bien bapore-presioa berdina izango den ala ez.
- d.- Disoluzio bien ura baporatu egiten bada, azukrearen eta gatzaren kristalak agertzen dira. Solido-mota bien artean ze desberdintasun egongo dira? Egoera solidoan daudenean, elektrizitate-eroaleak izango dira ala ez? Eta disoluzioan daudenean?

VIII.A.14.- Ondoko esaldia eztabaidatu:

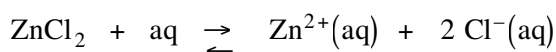
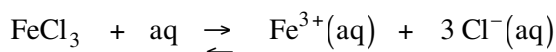
- Elektrolito sendoen konduktibitate espezifiko molarra ez da aldatzen, ez kontzentrazioarekin, ez tenperaturarekin.

B.- PROBLEMA EBATZIAK

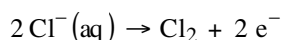
VIII.B.1.- HCl, FeCl₃ eta ZnCl₂ direlako ur-disoluzioetatik 1 ampereko korrante elektrikoa bi ordutan zehar pasarazten da. Kasu bakoitzean, anodoan askatzen den kloro-bolumena, baldintza normaletan neurtuz, determina ezazu.

Ebazpena

HCl-a, FeCl₃-a eta ZnCl₂-a elektrolikoak dira, eta uretan disolbatzen direnean ioiak agertzen dira, eta hauek urarekin solbatatzen dira:



Ikus dezagun 1 mol Cl₂ askatzeko zenbat mol elektroio behar diren. Anodoan, kloroaren oxidazioa gertatuko da:



Beraz, edozein kasutan, 1 mol Cl₂ askatzeko 2 mol elektroio behar dira. 1 mol elektroio garraiatzen duen elektrizitate-kantitatea Faraday-ren konstanteak adierazten duena da: 96485,6 coulomb. Ikus dezagun orain 1 ampereko korrante elektrikoaren elektrizitate-kantitatea, ordu bitan:

$$Q = I \cdot t = 1 \text{ ampere} \cdot (2 \cdot 60 \cdot 60) \text{ s} = 7200 \text{ A} \cdot \text{s} = 7200 \text{ coulomb}$$

$$\begin{array}{ccc} \text{eta 1 mol Cl}_2 \text{ askatzeko} & \text{—} & 2 \cdot 96485,3 \text{ coulomb behar dira} \\ x & \text{—} & 7200 \text{ coulomb} \end{array}$$

$$x = 0,0373 \text{ mol kloro askatuko dira}$$

eta kloroa gas idealaren moduan konportatzen bada,

$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ mol Cl}_2 & \text{—} & 22,4 \text{ l baldintza normaletan} \\ 0,037 \text{ mol Cl}_2 & \text{—} & x \\ x = 0,836 \text{ l Cl}_2 \text{ askatuko dira, kasu guztietan} \end{array}$$

emaitza.- 0,836 l Cl₂ askatuko dira kasu guztietan

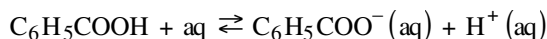
VIII.B.2.- Azido bentzoikotan 0,01 M den disoluzio baten konduktibitate espezifikoa $2,99 \cdot 10^{-4} \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ da, eta urarena $8,6 \cdot 10^{-7} \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$. Azido bentzoikoaren disoziazio-konstantea kalkulatu.

Datuak: $\Lambda_0(\text{NaCl}) = 126,39$; $\Lambda_0(\text{HCl}) = 425,95$;

$\Lambda_0(\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}) = 82,41 \Omega^{-1} \text{cm}^2 \cdot \text{baliok}^{-1}$

Ebazpena

Azido bentzoikoa ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$) uretan disolbatzen denean partzialki disoziatzen da, zeren elektrolito ahula baita, bere disoziazio-prozesua hau delarik:



eta disoziazio-konstantea, azido ahula denez, (K_a):

$$K_a = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]}$$

Elektrolito ahula denez, Arrhenius-en teoria beteko da.

Disoziazio-konstantea, α , disoziazio-graduaren funtzioz jarritz, azido bentzoikoaren hasierako kontzentrazioa c baldin bada:

	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$	+	aq	$\rightarrow$	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-(\text{aq})$	+	$\text{H}^+(\text{aq})$
$t = 0$	c				0		0
$t = \infty$ (orekan)	$c(1-\alpha)$				$c\alpha$		$c\alpha$

$$K_a = \frac{(c\alpha) \cdot (c\alpha)}{c(1-\alpha)} = \frac{c\alpha^2}{1-\alpha}$$

Disoziazio-gradua honela adieraz daiteke:

$$\alpha = \frac{\Lambda}{\Lambda_0}$$

non Λ , azido bentzoikoaren konduktibitate espezifiko baliokidea baita, eta Λ_0 konduktibitate espezifiko baliokide limitea. Orduan, K_a determinatzeko, α determinatu behar da, eta α determinatzeko Λ eta Λ_0 .

$$\Lambda = \frac{\kappa \cdot 1000}{N} \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{baliok}^{-1}$$

non κ , azido bentzoikoaren konduktibitate espezifikoa baita, eta N normalitatea.

$$\kappa_{\text{bentzoikoa}} = \kappa_{\text{disoluzioa}} - \kappa_{\text{disolbatzailea}} (\text{H}_2\text{O})$$

$$\begin{aligned} \kappa_{\text{bentzoikoa}} &= 2,99 \cdot 10^{-4} \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} - 8,6 \cdot 10^{-7} \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} = \\ &= 2,981 \cdot 10^{-4} \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \end{aligned}$$

Ikusten denez, disoluzioaren konduktibitatea eta azido bentzoikoarena ia berdinak dira, zeren urarena ia arbuigarri baita.

$$\Lambda = \frac{2,981 \cdot 10^{-4} \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot 1000 \text{ cm}^3 \cdot \text{l}^{-1}}{0,01 \text{ N}} = 29,81 \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{baliok}^{-1}$$

zeren azido bentzoikoarentzat, pisu baliokidea eta pisu molekularra berdinak direnez, $N = M$ gertatzen baita. Λ_0 determinatzeko, Kohlrausch-en lege esperimentalak aplikatuz,

$$\begin{aligned} \Lambda_0(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) &= \lambda_0(\text{HCl}) + \lambda_0(\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}) - \\ &\quad - \Lambda_0(\text{NaCl}) = (425,95 + 82,41 - 126,39) \\ &\quad \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{baliok}^{-1} \end{aligned}$$

$$\Lambda_0(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = 381,97 \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{baliok}^{-1}$$

Honela,

$$\alpha = \frac{\Lambda}{\Lambda_0} = \frac{29,81 \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{baliok}^{-1}}{381,97 \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{baliok}^{-1}} = 0,078$$

eta

$$K_a = \frac{0,01 \cdot (0,078)^2}{(1 - 0,078)} = 6,61 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Emaitza: } 6,61 \cdot 10^{-5}$$

VIII.B.3.- 291 K-etan berun sulfatoaren disoluzio saturatu baten erresistibitatea $3,10 \cdot 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ da, eta erabili den urarena $7,14 \cdot 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$. Determinatu berun sulfatoaren disolbagarritasuna eta disolbagarritasun-konstantea (K_s) 291 K-etan.

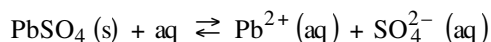
$$\text{Datuak } \lambda_0(\text{Pb}^{2+}) = 122 \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^2 \text{ mol}^{-1};$$

$$\lambda_0(\text{SO}_4^{2-}) = 136 \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^2 \text{ mol}^{-1};$$

PbSO_4 - a, gatz disolbagaitza da.

Ebazpena:

Berun sulfatoa elektrolito bat denez, uretan disolbatzen dena disoziatu egingo da, eta disoluzioa saturatuta dagoenean, solidoa eta disolbatuta dagoena orekan egongo dira:



eta disolbagarritasuna $[\text{Pb}^{2+}] = [\text{SO}_4^{2-}]$ izango da. Disoluzioa idealaren moduan konportatuko da solutu gutxi daukanean, eta hau egia da berun sulfatoaren kasuan, hau gatz disolbagaitza baita. Disolbagarritasun-konstantea honela espresa daiteke:

$$K_s (\text{PbSO}_4) = [\text{Pb}^{2+}] [\text{SO}_4^{2-}]$$

Ikusten denez, $[\text{Pb}^{2+}] = [\text{SO}_4^{2-}]$ determinatu behar da. Hau, konduktibitate espezifikoa, κ , eta konduktibitate espezifikiko molarra, μ , ezagutuz determina dezakegu:

$$\mu(\text{PbSO}_4) = \frac{\kappa(\text{PbSO}_4) \cdot 1000}{M_{\text{PbSO}_4}} \quad M_{\text{PbSO}_4} = \frac{\kappa(\text{PbSO}_4) \cdot 1000}{\mu(\text{PbSO}_4)}$$

Orain κ_{PbSO_4} eta μ_{PbSO_4} determinatu behar dira:

$$\begin{aligned} \kappa_{\text{PbSO}_4} &= \kappa_{\text{disoluzio}} - \kappa_{\text{ura}} = \frac{1}{\rho_{\text{disoluzio}}} - \frac{1}{\rho_{\text{ura}}} \\ &= (3,23 \cdot 10^{-5} - 1,40 \cdot 10^{-6}) \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} = \\ &= 3,09 \cdot 10^{-5} \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1} \end{aligned}$$

zeren konduktibitate espezifikoa erresistibitatearen inbertsua baita.

μ determinatzeko, PbSO_4 gatz disolbagaitza dela kontutan hartu behar da, eta horregatik disoluzioan ioi gutxi egongo dira, eta:

$$\begin{aligned}\mu \approx \mu_0 &= \lambda_0(\text{SO}_4^{2-}) + \lambda_0(\text{Pb}^{2+}) = (136 + 122) \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mol}^{-1} = \\ &= 258 \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mol}^{-1}\end{aligned}$$

Beraz,

$$M = \frac{3,09 \cdot 10^{-5} \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot 1000 \text{cm}^3 \cdot \text{l}^{-1}}{258 \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mol}^{-1}} = 1,20 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

eta disoluzioan dagoen PbSO_4 guztia disoziatuta dagoenez,

$$M(\text{PbSO}_4(\text{aq})) = M(\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})) = M(\text{Pb}^{2+}(\text{aq}))$$

Disolbagarritasuna honela geratzen da:

$$1,20 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1} \cdot 303,26 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 3,639 \cdot 10^{-2} \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$$

eta disolbagarritasuna, solutuaren kantitatea 100 g disolbatzailetan bezala adierazten denez, eta disoluzioa oso diluitua bada, dentsitatea $1 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$ dela suposatuz,

$$\begin{aligned}\text{disolbagarritasuna} &= 3,639 \cdot 10^{-2} \text{ g}, 1000 \text{ g uretan} \\ &= 3,639 \cdot 10^{-3} \text{ g}, 100 \text{ g uretan}\end{aligned}$$

Disolbagarritasun-konstantea, kontzentrazioa molaritatetan adierazi behar dela kontutan hartuz, zera izango da:

$$K_s = (1,20 \cdot 10^{-4}) \cdot (1,20 \cdot 10^{-4}) = 1,44 \cdot 10^{-8}$$

Emaitzak: Disolbagarritasuna: $3,639 \cdot 10^{-3} \text{ g}, 100 \text{ g disolbatzailetan};$
 $K_s = 1,44 \cdot 10^{-8}$

VIII.B.4.- 20,0 g hidrogeno fluoruro 1,00 kg uretan disolbatu ondoren, lortzen den disoluzioaren izozte-puntua $-1,92^{\circ}\text{C}$ da. Arrhenius-en teoria aplikatuz, hidrogeno fluoruroaren disoziazio-gradua eta molekula disoziatuen portzentaia determina itzazu.

Datua: (urarentzat) $K_f(\text{molal}) = 1,86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$

Ebazpena

Elektrolitoen izozte-tenperaturaren beherapena honela adieraz daiteke:

$$\Delta T_f = K_f' \cdot m_T$$

non m_T , espezie guztien molalitatea baita. Hidrogeno fluoruroari Arrhenius-en teoria aplikatuz:

	HF + aq $\rightarrow$	H ⁺ (aq) +	F ⁻ (aq)
t = 0	m	0	0
t = ∞ (orekan)	m(1- α)	m α	m α

non α disoziazio-gradua baita, eta molalitate totala, $m_T = m(1+\alpha)$ izango da.

Honela,

$$T_f = K_f' \cdot m_T = K_f \cdot m(1 + \alpha)$$

$$T_f = 0^{\circ}\text{C} - (-1,92^{\circ}\text{C}) = 1,92^{\circ}\text{C} \text{ edo } 1,92 \text{ K}$$

$$m = \frac{\text{mol-kopurua}}{1 \text{ kg disolbatzaile}} = \frac{20,0\text{g}/20,0\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}}{1 \text{ kg disolbatzaile}} = 1,00\text{m}$$

Beraz,

$$1,92 \text{ K} = 1,86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 1 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot (1+\alpha)$$

$$\alpha = 0,0323$$

eta disoziatzen diren molekulen portzentaia %3,23 da, zeren disoziazio-gradua, bateko hainbestekoa baita.

Emaitzak. - $\alpha = 0,0323$ eta %3,23

C.- PROBLEMAK

VIII.C.1.- Nikel dikloruroaren ur-disoluzio bat 1,480 amperetako korrante elektrikoa erabiliz elektrolisatzen da. Katodoan 2,035 g ezartzen direla jakinik, determina itzazu

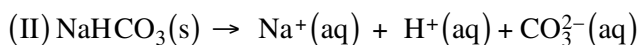
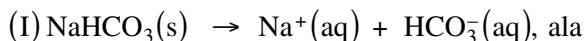
- a.- Ze denbora-tartean egiten den elektrolisia.
- b.- Anodoan askatzen den kloroaren bolumena 18°C-tan eta 738 mm Hg-tan neurtua.

VIII.C.2.- HCOOH (azido formiko) delakoaren konduktibitate molar limitea determina ezazu, zerak jakinik, $\mu_0(\text{HCl}) = 426,1$; $\mu_0(\text{NaCl}) = 126,4$; $\mu_0(\text{HCOONa}) = 105,6 \text{ } \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$, 25°C-tan; eta HCOOH-tan $1,40 \cdot 10^{-2} \text{ M}$ den disoluzio baten erresistibitatea 25°C-tan $6,40 \cdot 10^2 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$ dela jakinik, azido formikoaren disoziazio-gradua determina ezazu.

Datua: Ur puruaren erresistibitatea, 25 °C-tan, $2,33 \cdot 10^6 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$ da.

VIII.C.3.- Sodio hidrogenokarbonatotan eta azido fluorhidrikotan 0,010 m diren ur-disoluzioen izozte-puntuak -0,038°C eta -0,024°C dira hurrenez hurren.

- a.- Nola disoziatuko da gehiago sodio hidrogenokarbonato delakoa,



- b.- Zein da azido fluorhidrikoaren disoziazio-gradua?

Datua: $K_c = 1,86 \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}$

VIII.C.4.- 298 K-etan zilar kloruroaren disoluzio saturatu baten erresistibitatea $3,6 \cdot 10^5 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$ da eta ur puruarena, tenperatura berdinean, $2,33 \cdot 10^6 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$. Determina itzazu zilar kloruroaren disolbagarritasuna eta disolbagarritasun-konstantea (K_s).

Datuak $\mu_0(\text{Ag}^+) = 61,69; \mu_0(\text{Cl}^-) = 76,35 \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$

Zilarkloruroagatz disolbagaitzada.

VIII.C.5.- Litio klorurozko zenbait disoluzioen konduktibitateak 298 K-etan neurtuz, erresultatu hauek lortu dira:

$[\text{LiCl}]/\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$	$0,5 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$	$10 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$
$\mu/\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$	113,1	112,4	109,4	107,3	104,7

Errepresentazio grafiko baten bidez, determinatu litio kloruroaren konduktibitate espezifiko molar limitea 298 K-etan.

VIII.C.6.- Azido formikozko disoluzio baten 250 cm³-tan 1,037 g azido daude. Disoluzio horren konduktibitate espezifikoa 25°C-tan $1,57 \cdot 10^{-3} \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ da. Azido formikoaren konduktibitate espezifiko molar limitea $401,1 \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$ dela jakinez, determina ezazu azido formikoaren disoziazio-konstantea. Ur puruaren konduktibitate espezifikoa, 25°C-tan, $4,29 \cdot 10^{-7} \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ da.

VIII.C.7.- Aluminio sulfatozko ur-disoluzio bat -0,911°C-tan izozten da. Bere kontzentrazioa %7,430 pisutan dela jakinik, determina ezazu, Arrhenius-en teoria erabiliz, disoziazio-gradua eta disoziatua dagoen kantitatea.

Datuak: $K_c = 1,86 \text{ K} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{kg}$

VIII.C.8.- Potasio nitratoaren ur-disoluzio bat -3,58°C-tan izozten da. %100 disoziatzen dela suposatuz, disoluzioaren molalitatea eta irakite-tenperatura determinatu.

Datuak: $K_c(\text{ura}) = 1,86 \text{ K} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{kg}$

$K_e(\text{ura}) = 0,512 \text{ K} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{kg}$

VIII.C.9.- 10 g zilar nitrato 1 l uretan disolbatu ondoren lortzen den disoluzioaren erresistentzia 25°C-tan 330 Ω -ekoa da. Elektrodo bien arteko distantzia 5,30 cm dela eta azalera 2,40 cm² dela jakinik, eta Arrhenius-en teoria aplikatuz, zilar nitratoaren disoziazio-gradua determina ezazu.

Datuak: $\lambda_0(\text{NO}_3^-) = 71,46; \lambda_0(\text{Ag}^+) = 61,90 \Omega^{-1} \text{ cm}^2 \text{ baliok}^{-1}$

VIII.C.10.- Nikel sulfatotan 0,05 molal den ur-disoluzio bat $-0,118^{\circ}\text{C}$ -tan izozten da. Arrhenius-en teoria aplikatuz, determina ezazu disoziazio-gradua

a.- Propietate koligatiboen bidez.

b.- Konduktibitateen bidez.

Datuak: Disoluzioaren konduktibitate espezifikoa 25°C -tan, $0,00508 \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$.

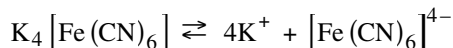
$$\Lambda_0(\text{NiSO}_4) = 133,4 \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{baliok}^{-1} \quad (25^{\circ}\text{C-tan})$$

$$K_c(\text{ura}) = 1,86 \text{ K} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{kg}$$

VIII.C.11.- Denak elektrolito sendoak kontsideratuz, ondoko disoluzioen indar ionikoak determina itzazu:

NaCl 0,001 M; NaOH 0,01 M; CaCl_2 0,05 M; H_2SO_4 0,01 M; ZnSO_4 0,005 M; $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 0,001 M. Urarentzat $A(25^{\circ}\text{C}) = 0,509$ dela jakinik, determina itzazu aurreko disoluzioen aktibitate-koefizienteak. Noiz erabili behar da aktibitatea?

VIII.C.12.- $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ konposatuaren 10^2 mol, 1 m^3 uretan disolbatu ondoren, 17°C -tan, $6,87 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ -ko presio osmotikoa dagoela ikusten da. Determina ezazu disoziazio-gradua, honela disoziatzen dela dakigularik:



Oharra: Arrhenius-en teoria aplikatu.

VIII.C.13.- 298 K -etan, konduktibitate-zelula batean potasio klorurotan 10^{-2} M den disoluzio batek $1748,6 \Omega$ -eko erresistentzia du. Zelula berean, zilar nitratotat 10^{-3} M den disoluzio baten erresistentzia $1,89 \cdot 10^4 \Omega$ -ekoa da. Potasio klorurotan 10^{-2} M den disoluzioaren konduktibitate espezifikoa $1,41 \cdot 10^{-3} \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ dela jakinik, determina ezazu

a.- Zelularen konstantea.

b.- Zilar nitratoaren eta potasio kloruroaren konduktibitate espezifikoko molarra eta baliokidea.

VIII.C.14.- Potasio klorurotan $2 \cdot 10^{-2} \text{ N}$ den disoluzio bat konduktibitate-zelula batean sartuta dago. Erresistentzia, 25°C -tan, 312Ω -ekoa da, eta konduktibitate espezifikoa, $2,768 \cdot 10^{-3} \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$. Konduktibitate-zelula azido kloroazetikotan $0,05 \text{ N}$ den disoluzio batez betetzen denean lortzen den konduktibitatearen balorea $3,34 \cdot 10^{-3} \Omega^{-1}$ da.

Kalkulatu

- a.- Konduktibitate-zelularen konstantea.
b.- Azido kloroazetikoaren disoziazio-konstantea.

Datuak: Uraren konduktibitatea $4,96 \cdot 10^{-7} \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$

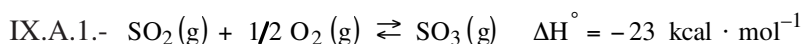
$$\Lambda_0 (\text{NaBr}) = 128,41 \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{baliok}^{-1}$$

$$\Lambda_0 (\text{HBr}) = 428,12 \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{baliok}^{-1}$$

$$\Lambda_0 (\text{ClCH}_2\text{COONa}) = 89,91 \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{baliok}^{-1}$$

IX. Oreka kimikoa

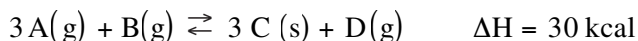
A.- GALDERAK



Oreka, ikuspuntu termodinamikotik nola aldatuko den azaldu (Le Chatelier-en printzipioa erabili gabe)

- a.- Presioa handiagotzen denean.
- b.- Bolumena gehitzen denean.
- c.- Tenperatura gehitzen denean.
- d.- $[\text{SO}_3]$ gehitzen denean.

IX.A.2.- 300 K-etan ondoko erreakzioa gertatzen da:



Orekara heldu ondoren, esan, azalduz, ondoko baieztapenak zuzenak diren ala ez.

- a.- Bolumena gutxituz, oreka ez da aldatuko.
- b.- Tenperatura gehituz, erreakzioaren etekina handiagoa izango da.
- c.- Presioa gutxituz, oreka-konstantea gehitu egingo da.
- d.- C produktua kentzen badugu, oreka produktu gehiago emateko zentzuan aldatuko da.
- e.- $\text{N}_2(\text{g})$ -a sartzen badugu, oreka eskuinerantz desplazatuko da.
- f.- B-ren kantitate bat gehitzen bada, oreka ezkerretara desplazatuko da.

IX.A.3.- $\text{A} + 3 \text{B} \rightleftharpoons 2 \text{C} + \text{D}$ delako erreakzioaren osagaiak, 283°C -tan gas-fasean aurkitzen direla jakinik, eta oreka-konstantearen aldaketa tenperatura-rekin ondoko irudian errepresentatzen delarik,

- a.- Ondoko espresioetatik zeintzuk betetzen diren adierazi:
 - 1.- $\Delta S > 0$
 - 2.- $\Delta S = 0$

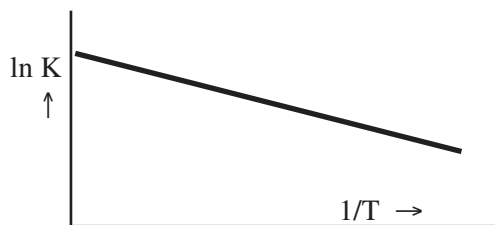
3.- Erreakzioa endotermikoa da.

4.- Erreakzioa exotermikoa da.

b.- Ze eragin edukiko du orekaren gainean

1.- Tenperaturaren gutxipenak?

2.- Bolumenaren gehipenak?



IX.A.4.- Sistema itxi batean, ondoko erreakzioaren bidez errepresentatzen den fase-aldaketa orekara heldu da:



a.- Zein izango da presio-gehikuntzarekin bolumen gutxitzearen efektua?

b.- Zein izango da tenperaturaren gehikuntzaren efektua?

c.- Sistemari ur-baporea gehitzen badiogu, eta horrela presioa gehitzen badugu, zein izango da efektua?

IX.A.5.- $2 \text{Al}(\text{s}) + 3/2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$ erreakzioarentzat, T tenperatura batean, $\Delta H^\circ = -400 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$, $\Delta G^\circ = -2 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$, eta $\Delta G = 0$ dira.

a.- Esan ondoko baieztapenetatik zeintzuk diren zuzenak, erantzunak justifikatuz

1.- $K = 1$

2.- $K < 0$

3.- $K > 1$

4.- Ez dago orekarik.

5.- Erreakzioa orekan dago.

b.- Ze eragin edukiko du erreakzioaren zentzuan:

1.- Tenperaturaren altxapen batek?

2.- $\text{O}_2(\text{g})$ -aren kantitatearen gehikuntza batek?

IX.A.6.- a.- 375 K-etan $\text{SO}_2\text{Cl}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons \text{SO}_2 (\text{g}) + \text{Cl}_2 (\text{g})$ sistemaren oreka-konstantea 2,4 da .

1.- Sistemak SO_2 -aren zentzuan eboluzionatuko al du $p_{\text{SO}_2\text{Cl}_2} =$

$= 760 \text{ mm Hg}$, $p_{\text{Cl}_2} = 1140 \text{ mm Hg}$ eta $p_{\text{SO}_2} = 760 \text{ mm Hg}$

denean? Zergatik?

2.- Produktuen entalpia, erreakzionatzaileena baino txikiago bada zenbat eta tenperatura txikiagoa izan, orduan, SO_2Cl_2 -aren proportzioa txikiagoa izango da? Zergatik?

b.- Erreakzioaren $K_c = K_p$ izango al da

1.- $T > 273 \text{ K}$ denean?

2.- $\Delta n > 0$ denean?

3.- $\Delta n = 0$ denean?

Zergatik?

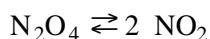
B.- PROBLEMA EBATZIAK

IX.B.1.- 27°C-tan eta 1 atm-tan, dinitrogeno tetraoxidoa nitrogeno dioxidotan %20an disoziatzen da. Determinatu

- a.- Prozesuaren oreka-konstantea.
- b.- 27°C-tan eta 0,10 atm-tan disoziatutako %a.
- c.- Disoziatzen den %a, 20 litroko ontzi batean 69 g dinitrogeno tetraoxido sartzen direnean, 27°C-tan.

Ebazpena:

27°C-tan eta 1 atm-tan, disoziazioa, batekobeste, 0,2 izango da.



Prozesuaren oreka-konstantea, K, hau izango da:

$$K = \frac{p_{\text{NO}_2}^2}{p_{\text{N}_2\text{O}_4}} = \frac{p_{\text{T}}^2 \cdot x_{\text{NO}_2}^2}{p_{\text{T}} \cdot x_{\text{N}_2\text{O}_4}} = p_{\text{T}} \cdot \frac{x_{\text{NO}_2}^2}{(1 - x_{\text{NO}_2})}$$

Presio totala ezaguna da, 1 atm, eta x_{NO_2} determinatzeko, orekako mol-kopurua determinatu behar da. Horretarako, hasieran n mol N_2O_4 zeudela suposatuz,

	N_2O_4	$\rightleftharpoons$	2NO_2
t = 0	n		0
t = ∞ (oreka)	n (1 - α)		2 nα

α, batekobeste disoziatzen dena delarik, hots, 0,2. Orduan,

$$x_{\text{NO}_2} = \frac{n_{\text{NO}_2}}{n_{\text{NO}_2} + n_{\text{N}_2\text{O}_4}} = \frac{2n\alpha}{2n\alpha + n(1-\alpha)} = \frac{2\alpha}{1+\alpha} = 0,333$$

Honela

$$K = 1 \cdot \frac{(0,333)^2}{(1 - 0,333)} = 0,167$$

K_c determinatzeko, gasak gas idealaren moduan konportatzen direla suposatuz,

$$K_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = \frac{1}{R \cdot T} \cdot K = \frac{1}{0,082 \cdot (273,15 + 27)} \cdot 0,167 = 6,78 \cdot 10^{-3}$$

a.- *Emaitzak*: $K = 0,167$; $K_c = 6,78 \cdot 10^{-3}$

b.- Presio totala 0,1 atm bada, eta temperatura 27°C denez, $K = 0,167$ izango da, zeren K soilik tenperaturarekiko aldatzen baita. Horrela,

$$K = p_T \cdot \frac{x_{\text{NO}_2}^2}{(1 - x_{\text{NO}_2})} \rightarrow \frac{x_{\text{NO}_2}^2}{(1 - x_{\text{NO}_2})} = \frac{0,167}{0,1}$$

Ekuazio hau ebatziz, x_{NO_2} -arentzat bi erresultatu desberdin lortzen dira, $x_{\text{NO}_2} = 0,704$, eta $x_{\text{NO}_2} = -2,37$. Bigarren emaitzak ez du zentzurik, zeren frakzio molarra beti positiboa baita, eta 0 – 1 tartean aurkitzen baita. Emaitza, beraz, lehena izango da, eta disoziatzen dena determinatzeko,

$$x_{\text{NO}_2} = \frac{2\alpha}{1 + \alpha} = 0,704$$

Eta α , disoziatzen den batekobestea, 0,543 da, eta disoziatzen dena %54,3.

b.- *Emaitza*: %54,3a.

c.- Kasu honetan, erreakzio-ganbara 20 l-koa bada, hasierako presioa eta bukaerako presioa desberdinak izango dira, bukaerako presioa oreka-presioa izanik. Temperatura 27°C denez, K berdina izango da, eta

$$K = p_T \cdot \frac{x_{\text{NO}_2}^2}{(1 - x_{\text{NO}_2})}$$

Gasak idealak badira, eta mol-kopuru totala $n_T = n_{\text{NO}_2} + n_{\text{N}_2\text{O}_4}$ izango dela jakinik,

$$p_T = \frac{n_T \cdot R \cdot T}{V} = \frac{n(1 + \alpha) \cdot R \cdot T}{V}$$

non n , hasierako N_2O_4 -aren mol-kopurua baita:

$$n = \frac{69 \text{ g}}{92 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,750 \text{ mol}$$

beraz,

$$p_T = \frac{0,75(1 + \alpha) \text{ mol} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot 1 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}(273,15 + 27) \text{ K}}{201} =$$

$$= 0,923(1 + \alpha)$$

$$K = p_T \cdot \frac{x_{\text{NO}_2}^2}{1 - x_{\text{NO}_2}} = p_T \cdot \frac{\left(\frac{2\alpha}{1 + \alpha}\right)^2}{1 - \frac{2\alpha}{1 + \alpha}}; \quad 0,167 = 0,923 \cdot \frac{4\alpha^2}{1 - \alpha}$$

Ekuazioa ebatziz, α -ren bi balore ateratzen dira, $\alpha = 0,191$ eta $\alpha = -0,236$. Bigarren balore hau absurdua da, α positiboa izan behar baita. Beraz, $\alpha = 0,191$, eta disoziatzen den %-a, 19,1 izango da.

c.- Emaizta: %19,1

IX.B.2.- $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ delako prozesuan, $K = 1,086 \cdot 10^{-4}$ da. Noiz galduko du $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(\text{s})$ delakoak bere kristalizazio-ura? $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(\text{s})$ delakoa, sikatzaile ona izango al da?

Datua: $p_v(\text{H}_2\text{O}, 25^\circ\text{C}) = 23,8 \text{ mm Hg}$

Ebazpena:

Kristalizazio-ura noiz galduko den jakiteko, uraren oreka-presioa jakin behar da, eta $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ delako prozesuaren oreka-konstantea,

$$K = p_{\text{H}_2\text{O}}^2$$

eta orekan, $p_{\text{H}_2\text{O}} = \sqrt{K} = 1,04 \cdot 10^{-2} \text{ atm} = 7,92 \text{ mm Hg}$

Beraz, $p_{\text{H}_2\text{O}} > 7,92 \text{ mm Hg}$ bada, sistema ez da orekan egongo, eta orekara heltzeko, sistema ezkerretarantz desplazatuko da, hots, erreakzionatzaileetarantz, eta ez da kristalizazio-urik galduko. Alderantziz, $p_{\text{H}_2\text{O}} < 7,92 \text{ mm Hg}$ bada, orekara heltzeko sistema produktuetarantz desplazatuko da, eta $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ delakoak kristalizazio-ura galduko du.

a.- Eraitza: $p_{\text{H}_2\text{O}} < 7,92 \text{ mm Hg}$ denean.

Eta $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ delakoa sikatzaile izateko, prozesua erreakzionatzaileetarantz desplazatu beharko da, hots, $p_{\text{H}_2\text{O}} > 7,92$ denean, sikatzaile izango da, eta $p_{\text{H}_2\text{O}} < 7,92 \text{ mm Hg}$ denean ez da izango. Orduan, sikatzaile ona izango da zeren p_v -a, 25°C -tan, $23,8 \text{ mm Hg}$ baita.

b.- Eraitza: 25°C -tan, sikatzaile ona izango da.

IX.B.3.- Ondoko prozesuaren $K = 1,0 \cdot 10^{-10}$ da, eta $\Delta H = 15,7 \text{ kcal}$:



Zer gertatuko da

- a.- $\text{Ag}^+(\text{aq})$ gehitzen denean.
- b.- $\text{Cl}^-(\text{aq})$ kentzen denean.
- c.- Temperatura altxatzen denean.
- d.- Ura gehitzen denean.

Ebazpena

$\text{AgCl (s)} + \text{aq} \rightleftharpoons \text{Ag}^+ (\text{aq}) + \text{Cl}^- (\text{aq})$ prozesuaren oreka-konstantea hau izango da:

$$K = [\text{Ag}^+ (\text{aq})] \cdot [\text{Cl}^- (\text{aq})]$$

eta oreka-konstantea bakarrik tenperaturarekin aldatuko da.

- a.- $\text{Ag}^+(\text{aq})$ gehituz, oreka apurtu egiten da, eta berriz orekara heltzeko sistema erreakzionatzaileetarantz desplazatu egin beharko da, zeren $[\text{Ag}^+ (\text{aq})] \cdot [\text{Cl}^- (\text{aq})] > K$ baita.

a.- Eraitza: Erreakzioa ezkerrera desplazatuko da.

- b.- Arrazonamendu berdina eginez, $\text{Cl}^- (\text{aq})$ kenduz, geratzen diren kontzentrazioekin $K > [\text{Ag}^+ (\text{aq})] \cdot [\text{Cl}^- (\text{aq})]$. Beraz, orekara heltzeko prozesua produktuetarantz desplazatuko da.

b.- eraitza: Erreakzioa eskuinera desplazatuko da.

- c.- Tenperaturara altxatu egiten bada, oreka-konstantea aldatu egingo da; nola aldatzen den jakiteko, erreakzioaren ΔH jakin behar dugu; kasu honetan, $\Delta H = 15,7$ kcal denez, erreakzioa endotermikoa da, eta zenbat eta tenperatura altuagoa izan, K handiagoa izango da zeren

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = - \frac{\Delta H}{R} \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right]$$

Beraz, T_1 -etik T_2 -ra pasatuz, $T_2 > T_1$ izanik, $K_2 > K_1$ izango da $\Delta H > 0$ denean, eta

$$K_2 > [\text{Cl}^- (\text{aq})] \cdot [\text{Ag}^+ (\text{aq})] = K_1$$

Orduan, T_2 -tan orekara berriz heltzeko gehiago disolbatu beharko da, prozesua eskuinera desplazatuko da.

c.- Eraitza: Prozesua eskuinera desplazatuko da.

- d.- Ura gehituz, $[\text{Cl}^- (\text{aq})]$ eta $[\text{Ag}^+ (\text{aq})]$ gutxitu egingo dira, eta berriz oreka lortzeko substantzia gehiago disolbatu beharko da, hots,

$$K > [\text{Cl}^- (\text{aq})] \cdot [\text{Ag}^+ (\text{aq})]$$

diluitu ondoren, eta orekara berriz heltzeko, erreakzioa eskuinera desplazatuko da.

d.- Eraitza: Prozesua eskuinera desplazatuko da.

IX.B.4.- Etenoaren hidrogenazioaren K-a, 298 K-etan, 3,289 da. 1 mol eteno eta 1 mol hidrogeno nahasten dira, orekako presio totala 1 atm izanik. Kalkulatu

- a.- Zein izango den bakoitzaren presio partziala eta etenoaren portzentaia orekan.
 b.- Oreka lortu eta gero, 0,2 mol etano kentzen dira, eta orekan geratzen diren presio partzialak kalkulatu.
 c.- Erreakzioaren ΔH° determinatu, baldin $S^\circ(\text{C}_2\text{H}_6) = 54,8$, $S^\circ(\text{C}_2\text{H}_4) = 52,45$, eta $S^\circ(\text{H}_2) = 31,21 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ badira.

Ebazpena:

- a.- Etenoaren hidrogenazioan gastatzen diren eteno-molak x badira, zera edukiko dugu:

	$\text{C}_2\text{H}_4 (\text{g})$	+	$\text{H}_2 (\text{g})$	$\rightleftharpoons$	$\text{C}_2\text{H}_6 (\text{g})$
$t = 0$	1 mol		1 mol		0
$t = \infty (\text{oreka})$	$1 - x$		$1 - x$		x

eta oreka-konstantea ezagutzen dugunez,

$$K = \frac{P_{\text{C}_2\text{H}_6}}{P_{\text{H}_2} \cdot P_{\text{C}_2\text{H}_4}} = \frac{P_T \cdot x_{\text{C}_2\text{H}_6}}{P_T \cdot x_{\text{H}_2} \cdot P_T \cdot x_{\text{C}_2\text{H}_4}} = \frac{1}{P_T} \cdot \frac{x_{\text{C}_2\text{H}_6}}{x_{\text{H}_2} \cdot x_{\text{C}_2\text{H}_4}}$$

p_T ezaguna da, 1 atm, eta frakzio molarrek molen funtzioz jarritz,

$$x_{C_2H_6} = \frac{n_{C_2H_6}}{n_T} = \frac{x}{(1-x) + (1-x) + x} = \frac{x}{2-x};$$

$$x_{C_2H_4} = x_{H_2} = \frac{1-x}{2-x}$$

Oreka-konstantean ordezkatzuz,

$$K = \frac{1}{p_T} \cdot \frac{x}{\frac{(1-x)(1-x)}{2-x}} = \frac{1}{p_T} \cdot \frac{x \cdot (2-x)}{(1-x)^2}$$

Eta geratzen den ekuazioa:

$$3,289 = 1 \cdot \frac{(2-x) \cdot x}{(1-x)^2}$$

Ekuazio honen emaitzak bi dira: $x = 1,483$ eta $x = 0,517$, eta nahiz eta biak positiboak izan, lehen baloreak ez du zentzurik, zeren hasieran bakarrik 1 mol baitzegoen, eta zegoena baino gehiago ezin daiteke gastatu, beraz, $x = 0,517$.

$$p_{C_2H_4} = p_T \cdot x_{C_2H_4} = 1 \text{ atm} \cdot \frac{1-x}{2-x} = 1 \text{ atm} \cdot 0,326 = 0,326 \text{ atm}$$

Era berdinean, $p_{H_2} = 0,326 \text{ atm}$, zeren $x_{C_2H_4} = x_{H_2}$ baita, eta

$$p_{C_2H_6} = 1 \text{ atm} - (p_{H_2} + p_{C_2H_4}) = 0,348 \text{ atm}$$

a.- *emaitza*: $p_{H_2} = p_{C_2H_4} = 0,326 \text{ atm}$; $p_{C_2H_6} = 0,348 \text{ atm}$

b.- Orekako etanotik 0,2 mol kentzen badira, geratzen den mol-kopurua hau izango da:

$$n_{C_2H_6} = x - 0,2 = 0,317 \text{ mol}; n_{C_2H_4} = 1 - x = 0,483 \text{ mol} = n_{H_2}$$

oreka berria lortzen denean:

	$C_2H_4(g)$	$+ H_2(g)$	$\rightleftharpoons C_2H_6(g)$
oreka zaharrean	0,483	0,483	0,517
ken 0,2 moletano	0,483	0,483	0,317
oreka berria	$0,483-x$	$0,483-x$	$0,317+x$

zeren etanoa kentzen badugu, oreka berria lortzeko erreakzioa produktuetarantz desplazatu beharko da, eta oreka berrian dauden presio partzialak determinatzeko, lehendabizi x -ak determinatu beharko dira, horrela,

$$K = \frac{1}{p_T} \cdot \frac{x_{C_2H_6}}{x_{H_2} \cdot x_{C_2H_4}}$$

$$x_{H_2} = x_{C_2H_4} = \frac{0,483 - x}{(0,483 - x) + (0,483 - x) + (0,317 + x)} = \frac{0,483 - x}{1,283 - x}$$

$$x_{C_2H_6} = \frac{0,317 + x}{1,283 - x}$$

Orain presio totala ez da jakina, baina bolumena berdina denez, aurreko orekako mol-kopuruarekin p_T berria determina daiteke:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Lehen oreka } p_T \cdot V = n_T \cdot R \cdot T \\ \text{Oreka berria } p'_T \cdot V = n'_T \cdot R \cdot T \end{array} \right\} \frac{p_T}{p'_T} = \frac{n_T}{n'_T}$$

non p_T , n_T , p'_T , n'_T lehen orekaren eta oreka berriaren presioa eta mol-kopurua diren, hurrenez hurren.

$$p'_T = \frac{p_T \cdot n_T}{n'_T} = \frac{1 \text{ atm} \cdot (1,283 - x) \text{ mol}}{1,483 \text{ mol}} = \frac{1,283 - x}{1,483}$$

Balore guztiak oreka-konstantean ordezkaturaz,

$$K = \frac{1}{p_T} \cdot \frac{x_{C_2H_6}}{x_{H_2} \cdot x_{C_2H_4}} = \frac{1,483}{1,283 - x} \cdot \frac{\frac{0,317 + x}{1,283 - x}}{\left(\frac{0,483 - x}{1,283 - x}\right)^2} = 3,289$$

$$3,289 = \frac{1,483(0,317 + x)}{(0,483 - x)^2}$$

Ekuazio hau ebazterakoan, x -aren bi balore lortzen dira, $x = 1,350$ eta $x = 0,067$, eta lehen ebatzia ez da zuzena, zeren etenoaren eta hidrogenoaren hasierako kontzentrazioen baino handiagoa baita; $x = 0,067$, eta beraz,

$$p_{H_2} = p_{C_2H_4} = p_T \cdot x_{H_2} = \frac{1,283 - x}{1,483} \cdot \frac{0,483 - x}{1,283 - x} = 0,281 \text{ atm}$$

$$p_{C_2H_6} = p_T \cdot x_{C_2H_6} = \frac{1,283 - x}{1,483} \cdot \frac{0,317 + x}{1,283 - x} = 0,259 \text{ atm}$$

b.- Emaitza: $p_{H_2} = p_{C_2H_4} = 0,281 \text{ atm}$; $p_{C_2H_6} = 0,259 \text{ atm}$

c.- Erreakzioaren ΔH° -a, ΔS° eta ΔG° determinatuz kalkula daiteke, eta $\Delta G^\circ = -RT \ln K = -1,987 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298 \text{ K} \cdot \ln 3,289 = -704,98 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1}$ eta

$$\begin{aligned} \Delta S^\circ &= S^\circ_{C_2H_6} - S^\circ_{H_2} - S^\circ_{C_2H_4} = \\ &= (54,8 - 52,45 - 31,21) \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = \\ &= -28,86 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \end{aligned}$$

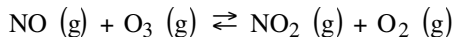
Honela,

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

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ &= \Delta G^\circ + T\Delta S^\circ = \\ &= -704,98 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} + 298 \text{ K} \cdot (-28,86) \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = \\ &= -9,3 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

c.- Emaitza: $\Delta H^\circ = -9,3 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$

IX.B.5.- Atmosferan, ondoko erreakzioa gertatzen da:



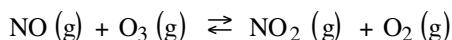
Temperatura 25°C bada, determinatu

- Erreakzioaren ΔG° , K_p eta K_c .
- Ozonoaren oreka-kontzentrazioa, hasieran NO, O₃ eta O₂ badaude, eta berauen kontzentrazioak $2 \cdot 10^{-9}$ M, 10^{-9} M eta $2 \cdot 10^{-3}$ M badira, hurrenez hurren.
- Aurreko emaitzak ikusiz, zenbat ozono desagertzen da?

Datuak: $\Delta G_f^\circ (\text{NO}_2) = 12,39 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$; $\Delta G_f^\circ (\text{O}_3) = 39,1 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $\Delta G_f^\circ (\text{NO}) = 20,72 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$

Ebazpena:

- Erreakzioaren ΔG° berehala determina daiteke, zeren produktu eta erreakzionatzaile guztien ΔG_f° -ak jakinak baitira:



$$\Delta G^\circ = \Delta G_f^\circ (\text{NO}_2) + \Delta G_f^\circ (\text{O}_2) - \Delta G_f^\circ (\text{NO}) - \Delta G_f^\circ (\text{O}_3)$$

O₂-aren ΔG_f° -a 0 da, zeren oxigenoaren egoera standarda O₂ baita; beraz,

$$\Delta G^\circ = (12,39 - 20,72 - 39,1) \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1} = -47,43 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$

K_p , oreka-konstantea, ΔG° -arekin honela erlazionaturik dago:

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_p \quad K_p = e^{-\Delta G^\circ/RT} = 6,13 \cdot 10^{34}$$

eta K_c , gas guztiak gas idealaren moduan konportatzen direla suposatuz,

$$K_c = \frac{[\text{NO}_2] \cdot [\text{O}_2]}{[\text{NO}] \cdot [\text{O}_3]} = \frac{(p_{\text{NO}_2}/RT) \cdot (p_{\text{O}_2}/RT)}{(p_{\text{NO}}/RT) \cdot (p_{\text{O}_3}/RT)} = K_p$$

Beraz, $K_p = K_c = 6,13 \cdot 10^{34}$

a.- *Eraitza*: $K_p = K_c = 6,13 \cdot 10^{34}$

- b.- Kontzentrazioak ezagutzen direnez, eta ez presioak, errazago izango da oreka-kontzentrazioak determinatzeko K_c erabiltzea K_p -ren orde; beraz,

	NO (g)	+ O ₃ (g)	$\rightleftharpoons$	NO ₂ (g)	+ O ₂ (g)
t = 0	$2 \cdot 10^{-9} \text{ M}$	10^{-9} M		-	$2 \cdot 10^{-3} \text{ M}$
t = ∞ (oreka)	$2 \cdot 10^{-9} - x$	$10^{-9} - x$		x	$2 \cdot 10^{-3} + x$

x, kontsumitzen den NO-aren kontzentrazioa izanik

$$K_c = \frac{[\text{NO}_2] \cdot [\text{O}_2]}{[\text{NO}] \cdot [\text{O}_3]} \rightarrow 6,13 \cdot 10^{34} = \frac{x \cdot (2 \cdot 10^{-3} + x)}{(2 \cdot 10^{-9} - x)(10^{-9} - x)}$$

Kalkulak eginez, x-aren bi balore ateratzen dira, bata $x \approx 10^{-9}$, eta balore negatiboa bestea; beraz,

$$x \approx 10^{-9} \text{ M}, \quad [\text{O}_3] = 10^{-9} - 10^{-9} \approx 0$$

Kalkuluak egin gabe aurrean zitekeen ebatzi hau, zeren, oreka-konstantea $K \gg 1$ denez, oreka produktuetarantz oso desplazatuta egongo baita, eta erreakzioa osoa edo ia osoa izango baita.

b.- *Eraitza*: $[\text{O}_3] \approx 0$

- c.- Ondorioa zera da, ia ozono guztia desagertzen dela.

c.- *Eraitza*: ozono guztia desagertzen da.

C.- PROBLEMAK

IX.C.1.- $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}(\text{g})$ erreakzioaren oreka-konstantea, K_c , 2130°C -tan, $2,5 \cdot 10^{-3}$ da. Determinatu $\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons 1/2 \text{O}_2(\text{g}) + 1/2 \text{N}_2(\text{g})$ erreakzioaren K_p , tenperatura berdinean.

IX.C.2.-Dinitrogeno tetraoxido delakoaren baporearen dentsitatea, 333 K -etan eta $101325 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ -tan, $2,080 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ da. Determinatu dinitrogeno tetraoxidoaren deskonposaketaren disoziazio-gradua eta oreka-konstantea baldintza horietan, nitrogeno dioxidotan deskonposatzen dela jakinik.

IX.C.3.-Mol bat alkohol etiliko eta mol bat azido azetiko nahasten direnean, inguruko tenperaturan, eta oreka lortzen denean, $2/3$ mol ur eta $2/3$ mol ester daudela aurkitzen da. Kalkulatu

a.- K_c .

b.- 3 mol alkohol eta 1 mol azido nahasten direnean, zenbat mol azido eta zenbat mol ester aurkituko dira orekan?

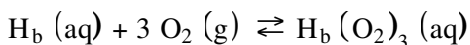
IX.C.4.- $2 \text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$ erreakzioan, orekan, 850°C -tan eta 1 atm -tan, karbono monoxidoaren ehunekobestea, %93,77 da, bolumenean. Determinatu orekako konposizioa presio totala 5 atm denean.

IX.C.5.-Dinitrogeno tetraoxidoa, 50°C -tan eta 760 mm Hg -tan, %53-tan disoziatua dago. Determinatu

a.- Disoziazio-portzentaia, 50°C -tan eta 2000 mm Hg -tan.

b.- N_2O_4 -a %67-tan disoziatuta egoteko, 50°C -tan, behar den presioa.

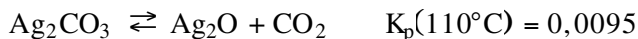
IX.C.6.-Hemoglobina oxigenoarekin konbinatzen da, erreakzioa hau delarik:



Nola interpretatzen da mendi garaietako zorabioa?

IX.C.7.- $2 \text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(\text{g})$ erreakzioaren oreka-konstantea, K_p , 500 K -etan, $6,45 \cdot 10^5$ da. 300 K -etan, oreka mantentzeko behar den O_2 -aren kontzentrazioa determinatu, NO_2 -aren eta NO -aren kontzentrazioak berdinak direnean. Erreakzioaren beroa $2,99 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$ da.

IX.C.8.-Zilar karbonatoa 110°C -tan sikatzen denean, airearen CO_2 -aren portzentaia %1 izatea nahikoa al da Ag_2CO_3 -a ez deskonposatzeko?



IX.C.9.-19 l-ko ontzi batean nitrogeno eta hidrogeno nahastura bat jartzen da, 1:3 mol-proporzioan, eta gero 350°C -ra berotzen da, presioa 10 atm delarik. Amoniakoa formatzen dela jakinik, determinatu osagai bakoitzaren frakzio molarra orekan, K_c eta K_p .

IX.C.10.- Ontzi batean, 20°C -tan eta 750 mm Hg-tan fosgeno (Cl_2CO) dago. 450°C -raino berotuz, presioa 1874 torr-era altxatzen da. Fosgenoa karbono monoxidotan eta klorotan deskonposatzen dela jakinik, determinatu K_p 450°C -tan.

IX.C.11.- $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ erreakzioa kontutan edukiz, oreka eta oreka-konstantea nola aldatuko diren determinatu

- a.- Tenperatura gehitzen denean, $\Delta H^{\circ}(\text{PCl}_5) = -95,4 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$ eta $\Delta H^{\circ}(\text{PCl}_3) = -73,2 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$ direla jakinik.
- b.- Bolumena gehitzen denean.
- c.- Kloroaren kontzentrazioa gehitzen denean.
- d.- Katalisatzaile bat erabiltzen denean.

Erreakzioaren oreka-konstantea, K_p , 298 K-etan, 1,78 da.

IX.C.12.- 1 litroko matraze batean $2,0 \cdot 10^{-2}$ mol fosforo pentakloruro solido jartzen dira, eta 473 K-era heldu arte berotu egiten da. Fosforo pentakloruroa baporizatu egiten da, %46,2-tan disoziatzen delarik, fosforo trikloruroa eta kloroa emanik. Determinatu orekaren aldaketa matrazean, tenperatura berdinean $1,0 \cdot 10^{-2}$ mol kloro jartzen badira.

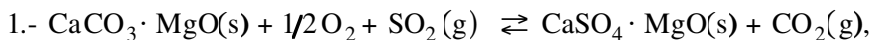
IX.C.13.- $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2 \text{HI}$ erreakzioaren K_p , 355°C -tan, 54,4 da. Determinatu HI -tan transformatzen den I_2 -aren portzentaia, 0,2 mol hidrogeno eta iodo nahastan direnean eta orekara heltzen uzten denean, 355°C -tan eta 0,5 atm-tan.

IX.C.14.- NO_2 delakoa (gorrixka) dimeritzatzen da N_2O_4 -a formatzeko (kolorgea). Nahastura bat 0°C -tan kolorgea da orekan, eta 100°C -tan, gorrixka.

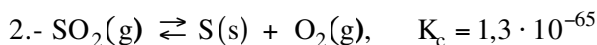
$\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2$ delako erreakzioa endotermikoa ala exotermikoa izango da?

IX.C.15.- Ondoko erreakzioak kontutan edukiz, zein izango da sufre dioxidoaren kutsadura kentzeko prozesurik hoberena?

Erreakzio biak bizkorak dira, labeetako tenperaturetan behintzat.



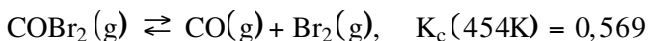
$$K_c = 5,4 \cdot 10^{50}$$



IX.C.16.- PCl_5 delakoa erreakzio-ganbara batera sartzen da, eta 250°C -ra eta 2 atm-ra eramaten da. Orekako gasak %40,7 PCl_3 du, bolumenean:

- a.- Zeintzuk dira PCl_3 -aren eta PCl_5 -aren presioak?
- b.- Determinatu K_p .
- c.- Nahastura 0,2 atm-ra hedatzen bada, determinatu PCl_5 -a disoziatuko den ala ez.
- d.- Kloroaren bolumen-portzentaia, determinatu.
- e.- Kloroaren presio partziala, determinatu.

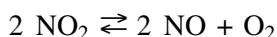
IX.C.17.- Ganbara itxi batean ondoko erreakzioa gertatzen da:



Erreakzioa 0,075 mol COBr_2 -rekin hasten bada, eta orekako presio totala 1,18 atm bada, kalkulatu

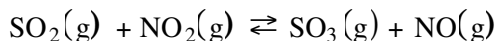
- a.- Zenbat $\text{COBr}_2(\text{g})$ geldituko den erreakzionatu gabe.
- b.- Orekara heldu eta gero, 0,075 mol bromo gehitzen dira. Lortzen den orekan, zein izango da $\text{CO}(\text{g})$ -aren portzentaia?

IX.C.18.- 2 litroko ganbara bat, 20°C -tan eta 745 mm Hg-tan, oxigenoz eta nitrogeno dioxidoz betetzen da, bien bolumenak berdinak direlarik. 327°C -ra berotu ondoren, orekan 0,00298 mol oxido nitriko daudela aurkitzen da. Kalkulatu ondoko prozesuaren oreka-konstantea, eta orekako presio totala.



IX.C.19.- 10 dm³-ko ganbara batean, 10 g amonio karbonato dauzkagu, 393,2 K-etan. Disoziatu ondoren, orekako presio totala 1 atm da. Amonio karbonatoa, uretan, amoniakotan eta karbono dioxidotan disoziatzen bada, kalkula ezazu disoziazio-konstantea. Determinatu, halaber, gehiago ala gutxiago disoziatuko den, orekako presio totala 2 atm denean.

IX.C.20.- 1 litroko ganbara batean, eta 500 K-etan, ondoko erreakzioa gertatzen da:



- Ganbara horretan, 3 mol SO₂, 2 mol NO₂, eta 0,1 mol NO sartzen badira, determinatu orekan dagoen SO₃-aren kontzentrazioa.
- Oreka lortu eta gero, 0,5 mol SO₂ ateratzen badira, kalkulatu oreka berrian dauden kontzentrazio guztiak.

Datuak:

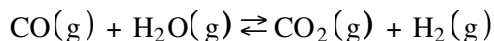
$$\Delta H_f^\circ(\text{SO}_2) = -70,96 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1} \quad S^\circ(\text{SO}_2) = 59,10 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\Delta H_f^\circ(\text{SO}_3) = -94,45 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1} \quad S^\circ(\text{SO}_3) = 61,24 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\Delta H_f^\circ(\text{NO}_2) = 8,091 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1} \quad S^\circ(\text{NO}_2) = 57,47 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\Delta H_f^\circ(\text{NO}) = 21,6 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1} \quad S^\circ(\text{NO}) = 50,34 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

IX.C.21.-Ondoko erreakzioaren K_c, 690 K-etan, 10 da, eta ΔH = -42,68 kJ · mol⁻¹



Kalkulatu

- 500 K-etan, orekan dauden gas bakoitzaren presio partziala, hasieran 0,4 mol CO, eta 0,2 mol H₂O badaude, eta bolumen totala 5 l bada.
- K_p.

IX.C.22.- Nitrosilo bromuroa honela disoziatzen da:



1 litroko ganbara batean, 1,75 g NOBr sartzen direnean, orekako presioa 0,657 atm dela aurkitzen da 100°C-tan, Kalkulatu

- a.- Gas bakoitzak daukan oreka-presioa.
- b.- K_p -aren balorea.
- c.- NOBr-aren disoziazio-gradua.
- d.- Oreka lortu ondoren, 0,025 mol bromo sartzen dira. Oreka berriaren NO-kontzentrazioa 0,0070 M dela jakinik, determinatu orekako presio partzial berriak.

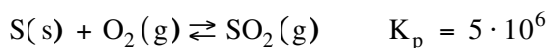
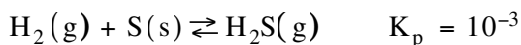
IX.C.23.- 500°C-tan, karbono dioxido puruaren eta karbono (grafito)-aren arteko erreakzioaren K_p -ren balorea, karbono monoxidoa lortzeko, $4 \cdot 10^{-3}$ da.

- a.- Zein da orekako gasen konposizioa, 817°C-tan eta 4 atm-ko presio totalen?
- b.- Zein izan beharko zitekeen CO₂-aren presio partziala, nahasturaren CO₂-aren konposizioa bolumenean %6 bazen, 817°C-tan?

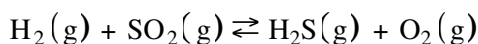
Datuak: $\Delta H_f^\circ (\text{CO}) = -26,416 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$\Delta H_f^\circ (\text{CO}_2) = -94,052 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$

IX.C.24.- Ondoko erreakzioak kontutan edukiz,



- a.- Azpiko erreakzioaren K_p kalkulatu.



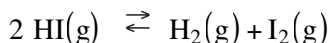
- b.- a ataleko erreakzioaren norantza aurresean, baldintzak hauek direnean:

$$p(\text{H}_2\text{S}, \text{g}) = p(\text{H}_2, \text{g}) = p(\text{SO}_2, \text{g}) = 120 \text{ mm Hg};$$

$$p(\text{O}_2, \text{g}) = 10^{-7} \text{ mm Hg}$$

- c.- Hasierako baldintzak b atalekoak direnean, orekako presioak determinatu. Temperatura 300 K da.

IX.C.25.- 2 litroko ganbara batean HI(g) sartzen da, 110°C-tan, eta H₂(g)-tan eta I₂(g)-tan partzialki disoziatzen da:

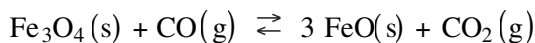


Kalkulatu,

- a.- Erreakzioaren ΔG° , ΔS° , eta ΔH° .
 b.- 110°C-tan, 't' denbora pasatu ondoren, erreakzioaren $\Delta G = -3 \text{ kcal}$ da. 0,5 mol HI(g)-tik hasita, determinatu t denbora horretan agertu diren I₂ molak.
 c.- Oreakan dagoen nahasturaren konposizioa.

Datuak: $K(233^\circ\text{C}) = 3,8 \cdot 10^{-3}$; $\Delta H_f^\circ(\text{HI}) = 6,33 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $\Delta H_f^\circ(\text{I}_2, \text{g}) = 14,923 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$

IX.C.26.- 600°C-tan, ondoko erreakzioari dagokion oreka-konstantea 1,15 da.



Hasieran honela osotuta dagoen nahastura bat, 1 mol Fe₃O₄, 2 mol CO, 0,5 mol FeO eta 0,3 mol CO₂, 5,00 atmosferako presioa konstante mantenduz, 600°C-raino berotzen da.

- a.- Zein izango litzateke substantzia bakoitzaren kantitatea orekan?
 b.- Oreka lortu ondoren, 2 mol FeO(s) ateratzen badira, zeintzuk izango lirateke oreka berriari dagozkion substantzien kontzentrazioak?
 c.- Eta 2 mol FeO(s) atera beharrean, 0,1 mole CO₂(g) ateratzen badira, zeintzuk izango lirateke oreka berriko substantzien kantitateak?

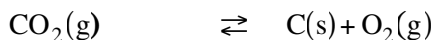
IX.C.27.- Ondoko erreakzioarentzat, $K = 0,05$ da, 20°C-tan:



2,4 litroko matraze batean, 20°C-tan, 0,06 mol NH₄HS solido sartzen dira.

- a.- Orekan, zein izango da NH_3 -tan eta H_2S -tan deskonposatuko den solidoaren portzentaia?
- b.- Kalkulatu matrazera sartu beharko litzatekeen amoniako mol-kopurua solidoaren deskonposizioa %1-era gutxitzeko.
- c.- b atalean azaldutako oreka-egoera lortu ondoren, azaldu ea $\text{NH}_4\text{HS(s)}$ gehiagoren gehiketak amoniakoren presioa handiagotuko, gutxiagotuko ala berdin utziko duen.

IX.C.28.- Ondoko erreakzio biak batera gertatzen dira:



Erreakzioen oreka-konstanteak 1200 K-etan, $1,187 \cdot 10^{-17}$ eta 52,683, hurrenez hurren, direla jakinik, determinatu orekako gas-nahastearen konposizioa, 1000 K-tan eta 1 atm-tan, bolumenean.

Datuak: $\Delta H_f(\text{CO}_2, \text{g}) = -94,052 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$\Delta H_f(\text{CO, g}) = -26,41 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$

X. Azido-base oreka

A.- GALDERAK

X.A.1.- Kalkuluak egin gabe, eta beraien artean konparazioak eginez, esan gutxi gorabehera ondoko ur-disoluzioek ze pH-tartea edukiko duten:

- a.- 0,1 M NaCN
- b.- 0,1 M HCl
- c.- 0,1 M HAc gehi 0,1 M NaAc
- d.- 0,1 M NaHCO₃

X.A.2.- Azido ahul baten ($K_a = 10^{-5}$) c_1 M den ur-disoluzioaren balorazioan, base sendo monoprotiko batean c_2 M den disoluzio bat erabiliz, adierazi:

- a.- Balorazio-kurbaren forma.
- b.- Balorazio-kurbaren zona bakoitzean, kontzentrazio handienetan agertzen diren espezieak, pH-a adieraziz, gutxi gorabehera.
- c.- Balorazioaren bukaera determinatzeko ze metodo erabiliko zenukeen.

X.A.3.- 25°C-tan eta 1 atm-tan, ur-disoluzio bi dauzkagu:

- a.- HClO₄ 0,1 M
- b.- HAc 0,1 M

- 1.- Disoluzio bien arteko aziditatea konparatu, arrazonatuz.
- 2.- Azido bien indarra konparatu, arrazonatuz.
- 3.- Disolbatzaile desberdina erabiltzen bada, azido hauen indarra aldatuko al da? Arrazonatu.

X.A.4.- Disoluzio baten pH-a 9-tik hurbil mantentzeko, disoluzio indargetzaile bat prestatu nahi da. Arrazonatuz, esan ondoko substantzia-bikoteetatik zein erabiliko zenukeen, substantzia bakoitzaren kontzentrazioa gutxi gorabehera adieraziz:

- a.- HAc/NaAc
- b.- NaOH/NH₃
- c.- HCl/NH₄Cl

- d.- $\text{NaOH}/\text{NH}_4\text{Cl}$
- e.- NaOH/NaAc

X.A.5.- Demagun hiru indikatzaile azido-base daudela: metil-gorria (kolore-aldaketa, $\text{pH} = 4$) bromotimol-urdina (kolore-aldaketa, $\text{pH} = 7$) eta fenolftaleina (kolore-aldaketa, $\text{pH} = 9$). Zein erabiliko zenuke ondoko azido-base balorazioak egiteko?

- a.- HCl -a baloratzeko, NaOH delakoarekin
- b.- HAc -a baloratzeko, KOH delakoarekin
- c.- NH_3 -a baloratzeko, HNO_3 delakoarekin

Kasu bakoitza zehazki arrazonatu

X.A.6.-a.- Ondoko substantzien ur-disoluzioak, azidoak, basikoak ala neutroak diren esan, justifikatuz,

- 1.- NH_4Cl
- 2.- H_3PO_4
- 3.- KCl
- 4.- Na_2CO_3
- 5.- HCl

- b.- Goiko ataleko disoluzioak 0,1 M badira, pH -arekiko klasifikatu, txikienetik handieneraino.

X.A.7.- Ondoko ur-disoluzioak erabiliz, esan posible den ala ez disoluzio indargetzaileak prestatzea:

- a.- NaOH eta HCl
- b.- NH_4Cl eta NaOH
- c.- NH_3 eta HCl
- d.- HAc eta NaAc

Erantzuna "bai" denean, esan nola egin daitekeen.

X.A.8.- Garapen matematikorik egin gabe, ondoko ur-disoluzioak, pH -arekiko ordena hazkorrean jarri (disoluzio guztiak errektibo bakoitzarekiko 0,1 M dira):

- a.- Na_2CO_3
- b.- HAc eta NaAc

- c.- KCl
- d.- NH_3
- e.- NH_4Cl
- f.- H_3PO_4
- g.- Na_2CO_3 eta HCl

X.A.9.- Ondoko azido-base indikatzaileen artetik, metilo-gorria (aldaketaren bukaera-puntua, $\text{pH}=4$), bromotimol-urdina (aldaketaren bukaera-puntua, $\text{pH} = 7$) eta fenolftaleina (aldaketaren bukaera-puntua, $\text{pH} = 9$), zein erabiliko zenuke ondoko balorazioetarako? Zergatik?

- a.- KCN-a, HCl-arekin
- b.- NH_3 -a, HNO_3 -arekin
- c.- HF-a, NaOH-arekin
- d.- H_2SO_4 -a, KOH-arekin
- e.- HBr-a, NaOH-arekin

B.- PROBLEMA EBATZIAK

X.B.1.- Disoluzio baten pH-a determinatu, baldin disoluzio hori azido formikotan 0,1 M eta azido zianikotan 0,2 M bada.

Datuak: $K_a(\text{HCOOH}) = 1,8 \cdot 10^{-4}$; $K_a(\text{HCNO}) = 2,2 \cdot 10^{-4}$

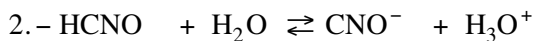
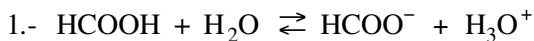
Ebazpena:

Disoluzioan dauden substantziak, eta beraien kontzentrazioak hauek dira:

$$[\text{HCOOH}]_0 = 0,1 \text{ M}$$

$$[\text{HCNO}]_0 = 0,2 \text{ M}$$

Azidoak gehitzen dira, beraz, $\text{pH} < 7$ izanez, gertatzen diren prozesuak (erreakzioak) hauek dira:



Orain, ekuazio hauek idatz daitezke:

Erreakzio bakoitzari dagokion oreka-konstantea:

$$K_a(\text{HCOOH}) = \frac{[\text{HCOO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCOOH}]};$$

$$K_a(\text{HCNO}) = \frac{[\text{CNO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCNO}]};$$

$$K_w(\text{H}_2\text{O}) = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$$

Masa-balantzeak:

$$\text{I.} - [\text{HCOOH}]_0 = [\text{HCOO}^-] + [\text{HCOOH}]$$

$$\text{II.} - [\text{HCNO}]_0 = [\text{CNO}^-] + [\text{HCNO}]$$

Karga-balantzea:

$$\text{III.} - [\text{HCOO}^-] + [\text{CNO}^-] + [\text{OH}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+]$$

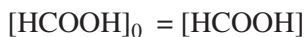
Ikusten denez, 6 ekuazioz osotutako sistema bat daukagu, baina masa-balantzeetan edo/eta karga-balantzean hurbilketa batzuk egin daitezke.

Hurbilketak:

I. masa-balantzean HCOOH -a, kontzentrazio honetan, azido ahul moduan konportatuko da, zeren bere $K_a \ll [\text{HCOOH}]_0$ baita, eta, beraz, gutxi disoziatuko da:

1. hurbilketa:

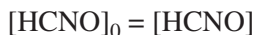
eta lehen masa-balantzea honela geratuko da:



II. masa-balantzean HCNO-arentzat, HCOOH-arentzat egindako arrazonamendu berdina eginez, azido ahul moduan konportatuko da, eta oso gutxi disoziatuko da:

2. hurbilketa:

eta bigarren masa-balantzea honela geratuko da:



Karga-balantzean, nahiz eta $[\text{CNO}^-]$ eta $[\text{HCOO}^-]$ txikiak izan, disoluzioa azidoa denez, $[\text{OH}^-]$ -a besteak baino askoz txikiago izango da, beraz:

3. hurbilketa:

Karga-balantzea honela geratuko da:



Hurbilketak egin ondoren, geratzen diren ekuazioak hauek dira:

$$1,8 \cdot 10^{-4} = \frac{[\text{HCOO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCOOH}]}; 2,2 \cdot 10^{-4} = \frac{[\text{CNO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCNO}]}$$

$$10^{-14} = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] \quad ; \quad 0,1 = [\text{HCOOH}]$$

$$0,2 = [\text{HCNO}] \quad ; \quad [\text{CNO}^-] + [\text{HCOO}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+]$$

Ordezkatuz, $[\text{HCOO}^-]$ -aren eta $[\text{H}_3\text{O}^+]$ -aren funtzioz jarritz,

$$1,8 \cdot 10^{-4} = \frac{[\text{HCOO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{0,1} \rightarrow [\text{HCOO}^-][\text{H}_3\text{O}^+] = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

$$2,2 \cdot 10^{-4} = \frac{([\text{H}_3\text{O}^+] - [\text{HCOO}^-])[\text{H}_3\text{O}^+]}{0,2} \rightarrow$$

$$\rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]^2 - [\text{HCOO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+] = 4,4 \cdot 10^{-5}$$

Beraz, $[\text{H}_3\text{O}^+]^2 - 1,8 \cdot 10^{-5} = 4,4 \cdot 10^{-5} \rightarrow$

$$\rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 7,87 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

Eta balore hau ordezkatuz, beste balore guztiak determina daitezke, oreka-kozentrazioak hauek direlarik:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 7,87 \cdot 10^{-3} \text{ M}; \quad [\text{HCOOH}] = 0,1 \text{ M}$$

$$[\text{HCOO}^-] = 2,29 \cdot 10^{-3} \text{ M}; \quad [\text{HCNO}] = 0,2 \text{ M}$$

$$[\text{CNO}^-] = 5,58 \cdot 10^{-3} \text{ M}; \quad [\text{OH}^-] = 1,27 \cdot 10^{-12} \text{ M}$$

Orain, hurbilketak egiterakoan egin den errorea %5a baino txikiago dela egiaztatu egin behar da; ez balitz, problemaren ebazpena berregin beharko litzateke, hurbilketak egin gabe.

1. hurbilketa:

$$[\text{HCOO}^-] + [\text{HCOOH}] \approx [\text{HCOOH}]$$

egokia izateko, $5/100 \cdot [\text{HCOOH}] > [\text{HCOO}^-]$ bete behar da.

$0,1 \cdot \frac{5}{100} > 2,29 \cdot 10^{-3}$ betetzen denez, hurbilketa hau egiterakoan egiten den errorea %5-a baino txikiago da, beraz, hurbilketa hau egokia da.

2. hurbilketa:



egokia izateko, $5/100 \cdot [\text{HCNO}] > [\text{CNO}^-]$ bete behar da.

$0,2 \cdot \frac{5}{100} > 5,58 \cdot 10^{-3}$ betetzen denez, hurbilketa egokia da.

3. hurbilketa:



egokia izateko; $5/100 \cdot ([\text{CNO}^-] + [\text{HCOO}^-]) > [\text{OH}^-]$ izan behar da.

$7,87 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{5}{100} > 1,27 \cdot 10^{-12}$ betetzen denez, hurbilketa egokia da.

Honela, emaitzen errorea %5a baino txikiagoa denez, erresultatuak onak dira, beraz,

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 7,87 \cdot 10^{-3} \text{ M} \quad \text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = 2,1$$

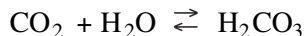
Emaitza: pH = 2,1

X.B.2.- 0,02 mol anhidrido karboniko uretan disolbatzen dira, disoluzioaren bolumena 1 l izan arte. Determinatu orekako espezie guztien kontzentrazioak eta disoluzioaren pH-a.

$$\text{Datuak: } K_1(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4,2 \cdot 10^{-7}; \quad K_2 = 4,8 \cdot 10^{-11}$$

Ebazpena:

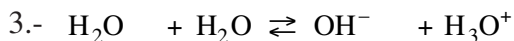
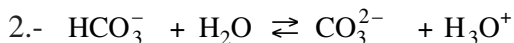
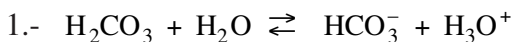
Anhidrido karbonikoak uretan disolbatzerakoan azido karbonikoa formatzen du:



0,02 mol H_2CO_3 geratuko dira disolbatuta, beraz, hasierako kontzentrazioa hau izango da:

$$[\text{H}_2\text{CO}_3]_0 = \frac{0,02 \text{ mol}}{1 \text{ l}} = 0,02 \text{ M}$$

eta uretan dagoenean, azido diprotiko bezala konportatzen delarik ($\text{pH} < 7$), gertatzen diren prozesuak hauek izango dira:



eta planteatzen daitezkeen ekuazioak hauek dira:

– Prozesu bakoitzari dagokion oreka-konstantea:

$$K_1(\text{H}_2\text{CO}_3) = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]};$$

$$K_2(\text{HCO}_3) = \frac{[\text{CO}_3^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCO}_3^-]};$$

$$K_w(\text{H}_2\text{O}) = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$$

– Masa-balantzea:

$$[\text{H}_2\text{CO}_3]_0 = [\text{H}_2\text{CO}_3] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}]$$

– Karga-balantzea:

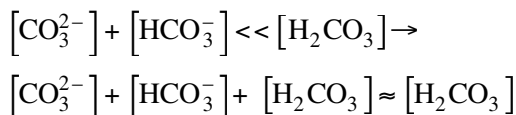
$$[\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+]$$

Beraz, 5 ekuazioz osotutako sistema bat daukagu, baina posible da zenbait hurbilketa egitea masa-balantzean edo/eta karga-balantzean.

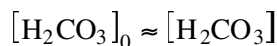
Hurbilketak:

Masa-balantzean azido karbonikoaren lehen disoziazio-konstantea, K_1 , bere kontzentrazioa baino txikiagoa da, $K_1 < [\text{H}_2\text{CO}_3]_0$, beraz, gutxi disoziatuta egongo da HCO_3^- bezala, eta are gutxiago CO_3^{2-} bezala.

Orduan, 1. hurbilketa

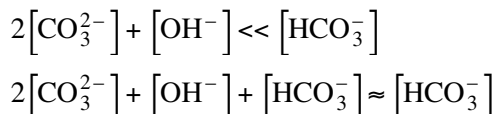


Masa-balantzea honela eratuko da:

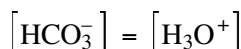


Karga-balantzean nahiz eta $[\text{HCO}_3^-]$ -a txikia izan $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ -arekin konparatuz, bai $[\text{CO}_3^{2-}]$ eta bai $[\text{OH}^-]$ txikiak dira $[\text{HCO}_3^-]$ -arekin konparatzen direnean, zeren disoziazio-konstanteak txikiagoak baitira, eta OH^- -aren kasuan, uraren autoprotolisisa ezkerretarantz desplazatuta egongo da, disoluzioa azidoa baita, beraz, $[\text{OH}^-] < 10^{-7}$. Honela

2. hurbilketa



Karga-balantzea honela eratuko da:



Hurbilketok eginik, eratzen diren ekuazioak hauek dira:

$$\begin{aligned} 4,2 \cdot 10^{-7} &= \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}; \quad 4,8 \cdot 10^{-11} = \frac{[\text{CO}_3^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCO}_3^-]} \\ 10^{-14} &= [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]; \quad 0,02 = [\text{H}_2\text{CO}_3]; \quad [\text{HCO}_3^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] \end{aligned}$$

Ordezkatuta eginez, $[\text{H}_3\text{O}^+]$ -aren funtzioz jarritz,

$$4,2 \cdot 10^{-7} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{0,02}; \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = 9,17 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

$$4,8 \cdot 10^{-11} = \frac{[\text{CO}_3^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_3\text{O}^+]}; \quad [\text{CO}_3^{2-}] = 4,8 \cdot 10^{-11} \text{ M}$$

$$10^{-14} = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]; \quad [\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{9,17 \cdot 10^{-5}} = 1,09 \cdot 10^{-10} \text{ M}$$

Beraz, orekan dauden espezieen kontzentrazioak hauek dira:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 9,17 \cdot 10^{-5} \text{ M}; \quad [\text{H}_2\text{CO}_3] = 0,02 \text{ M}$$

$$[\text{HCO}_3^-] = 9,17 \cdot 10^{-5} \text{ M}; \quad [\text{CO}_3^{2-}] = 4,8 \cdot 10^{-11} \text{ M}$$

$$[\text{OH}^-] = 1,09 \cdot 10^{-10} \text{ M}$$

Orain, hurbilketak egiterakoan egin den errorea %5a baino txikiago dela egiaztatu behar da:

1. hurbilketa:

$$[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] \ll [\text{H}_2\text{CO}_3]$$

egia izateko, $5/100 \cdot [\text{H}_2\text{CO}_3] > [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]$ bete behar da.
 $0,02 \cdot \frac{5}{100} > 9,17 \cdot 10^{-5}$ betetzen da, beraz, hurbilketa egokia da.

2. hurbilketa:

$$2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] \ll [\text{HCO}_3^-]$$

egia izateko, $\frac{5}{100}[\text{HCO}_3^-] > 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-]$ bete behar da.

$\frac{5}{100} \cdot 9,17 \cdot 10^{-5} > 2 \cdot 4,8 \cdot 10^{-11} + 1,09 \cdot 10^{-10}$ betetzen da, beraz hurbilketa egokia da.

Beraz emaitzen erroreak %5a baino txikiagoak direnez, orekako espezieen kontzentrazioak kalkulatuta daude, eta pH-a:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = 4,04$$

$$\text{Emaitzak: } [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{HCO}_3^-] = 9,17 \cdot 10^{-5} \text{ M}; [\text{H}_2\text{CO}_3] = 0,02 \text{ M}$$

$$[\text{CO}_3^{2-}] = 4,8 \cdot 10^{-11} \text{ M}; [\text{OH}^-] = 1,09 \cdot 10^{-10} \text{ M}$$

$$\text{pH} = 4,04$$

X.B.3.- NaHCO_3 -tan 0,1 M den disoluzio baten pH-a determinatu.

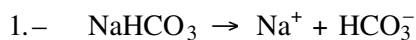
$$\text{Datuak: } K_1 (\text{H}_2\text{CO}_3) = 4,2 \cdot 10^{-7}; K_2 = 4,8 \cdot 10^{-11}$$

Ebazpena:

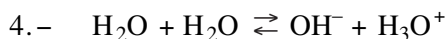
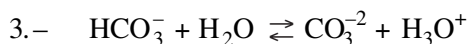
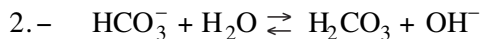
Disoluzioan, hasieran agertzen dena zera da:

$$[\text{NaHCO}_3]_0 = 0,1 \text{ M}$$

Gertatzen diren erreakzioak hauek izango dira:



Na^+ -a base sendo baten konjokatua denez, bere aziditatea ($K_a < 10^{-14}$) arbuigarria izango da, eta HCO_3^- azido moduan eta base moduan konportatuko da. Bestalde, pH-a > 7 izango da, zeren HCO_3^- -aren basikotasuna ($K_b(\text{HCO}_3^-)$), azidotasuna ($K_a(\text{HCO}_3^-)$) baino handiago baita.



Ekuazio hauek planteatu daitezke:

Prozesu bakoitzari dagokion oreka-konstantea:

1. erreakzioa osorik dago eskuinetara desplazatuta, zeren gatz disolbagarria baita, eta, gatzaren denez, guztiz disoziatuta egongo da.

2. erreakzioarena:

$$K_b(\text{HCO}_3^-) = \frac{K_w(\text{H}_2\text{O})}{K_1(\text{H}_2\text{CO}_3)} = \frac{[\text{H}_2\text{CO}_3][\text{OH}^-]}{[\text{HCO}_3^-]}$$

3. eta 4. ekuazioenak hauek dira:

$$K_a(\text{HCO}_3^-) = K_2(\text{H}_2\text{CO}_3) = \frac{[\text{CO}_3^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCO}_3^-]},$$

$$K_w(\text{H}_2\text{O}) = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$$

Masa-balantzeak:

$$\text{I.} - [\text{NaHCO}_3]_0 = [\text{Na}^+]$$

$$\text{II.} - [\text{NaHCO}_3]_0 = [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{H}_2\text{CO}_3]$$

Karga-balantzea:

$$[\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] + [\text{Na}^+]$$

Azken ekuazio honetako $[\text{Na}^+]$ -aren eta $[\text{HCO}_3^-]$ -aren kontzentrazioak kentzeko, eta kontzentrazio baxuenean agertzen diren espezieen funtzioz ekuazioa jartzeko, aldaketa bat egin behar da. Horretarako, masa-balantzeetatik $[\text{Na}^+]$ -aren eta $[\text{HCO}_3^-]$ -aren baloreak ordezkatzeko dira:

$$\begin{aligned} & [\text{NaHCO}_3]_0 - [\text{CO}_3^{2-}] - [\text{H}_2\text{CO}_3] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] = \\ & = [\text{H}_3\text{O}^+] + [\text{NaHCO}_3]_0 \end{aligned}$$

Lortzen den ekuazioa, balantze protononiko deitua, hau da

$$\text{III.} - [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] = [\text{H}_2\text{CO}_3] + [\text{H}_3\text{O}^+]$$

Hurbilketak:

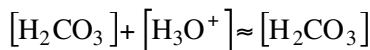
I. masa-balantzean ez da posible hurbilketarik egitea.

II. masa-balantzean hurbilketak egiteko zera hartu behar da kontutan.

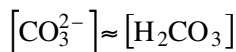
$[\text{HCO}_3^-]$ delakoa base ahul bezala eta azido ahul bezala konportatuko da, zeren $[\text{NaHCO}_3]_0 = [\text{HCO}_3^-]_0$, disoziazio-konstanteak baino handiago baita: $K_b(\text{HCO}_3^-) \approx 10^{-8}$ eta $K_a(\text{HCO}_3^-) \approx 10^{-11}$. Baina, OH^- -ak eta H_3O^+ -ak elkarrekin erreakzionatuko dutenez, H_2O emateko, 2. eta 3. erreakzioak produktuetarantz desplazatuko dira, beraz, kontzentrazio oso txikietan izan ezik, $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ eta $[\text{CO}_3^{2-}]$ ezingo dira arbuia $[\text{HCO}_3^-]$ aren aurrean.

Hau kontutan hartuta II. masa-balantzea n ere, ez da hurbilketarik egingo.

III. ekuazioan, OH^- -ak eta H_3O^+ -ak elkarrekin erreakzionatuko dutenez, berauen kontzentrazioak txikiak izango dira, $[\text{CO}_3^{2-}]$ -arekin eta $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ -arekin konparatuz.

1. hurbilketa:2. hurbilketa:

Balantze protonikoa honela geratzen da:



Hurbilketa hauek kontutan hartuz, geratzen diren ekuazioak hauek dira:

$$2,38 \cdot 10^{-8} = \frac{[\text{H}_2\text{CO}_3][\text{OH}^-]}{[\text{HCO}_3^-]} \quad (1)$$

$$4,8 \cdot 10^{-11} = \frac{[\text{CO}_3^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCO}_3^-]} \quad (2)$$

$$10^{-14} = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] \quad (3)$$

$$0,1 = [\text{Na}^+] \quad (4)$$

$$0,1 = [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{H}_2\text{CO}_3] \quad (5)$$

$$[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] = [\text{H}_2\text{CO}_3] \quad (6)$$

$[\text{OH}^-]$ eta $[\text{H}_3\text{O}^+]$ lortzeko, (1) ekuazioa zati (2) ekuazioa eginez, eta (6) ekuazioa erabiliz:

$$\frac{2,38 \cdot 10^{-8}}{4,8 \cdot 10^{-11}} = \frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$$

$[\text{H}_3\text{O}^+] [\text{OH}^-] = 10^{-14}$ dela kontutan hartuz, zera lotzen da

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 4,49 \cdot 10^{-9} \text{ M}$$

$$[\text{OH}^-] = 2,23 \cdot 10^{-6} \text{ M}$$

Ondoren, (1) eta (5) ekuazioetatik,

$$[\text{H}_2\text{CO}_3] = 1,05 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$[\text{HCO}_3^-] = 9,79 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

$$[\text{CO}_3^{2-}] = 1,05 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$[\text{Na}^+] = 0,1 \text{ M}$$

Hurbilketak egiterakoan egin den errorea %5a baino txikiago dela egiaztatu behar da.

1. hurbilketa:

$$[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] \approx [\text{CO}_3^{2-}]$$

egokia izateko, $5/100 \cdot [\text{CO}_3^{2-}] > [\text{OH}^-]$ bete behar da

$$1,5 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{5}{100} > 2,23 \cdot 10^{-6} \text{ betetzen da, beraz, hurbilketa egokia da.}$$

2. hurbilketa:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] + [\text{H}_2\text{CO}_3] \approx [\text{H}_2\text{CO}_3]$$

egokia izateko, $5/100 \text{ [H}_2\text{CO}_3\text{]} > \text{[H}_3\text{O}^+]$ bete behar da

$$1,05 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{5}{100} > 4,49 \cdot 10^{-9} \text{ betetzen da, beraz, hurbilketa egokia da.}$$

Espezieen oreka-kontzentrazioak lortutakoak dira, errorea %5a baino baxuagoa izanik, eta pH-a:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = 8,35$$

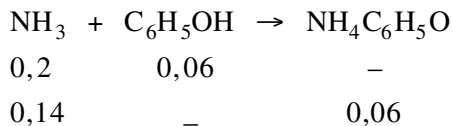
Emaitza: pH = 8,35

X.B.4.- 0,2 mol amoniako eta 0,06 mol fenol uretan disolbatzen dira, nahasturaren bolumena 1 dm³-koa izanik. Fenolaren eta ioi fenolatoaren kontzentrazioak orekan kalkulatu.

$$\text{Datuak: } K_b(\text{NH}_3) = 1,8 \cdot 10^{-5}; K_a(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 3,16 \cdot 10^{-10}$$

Ebazpena:

Amoniakoak (basikoa) eta fenolak (azidoa) uretan disolbatzera-koan elkarrekin erreakzionatuko dute, eta neutralizatu egingo dira, gatza formatuz:



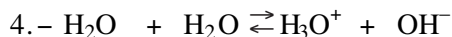
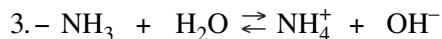
Beraz, erreakzioaren ondoren, 0,14 mol NH₃ eta 0,06 mol NH₄C₆H₅O daude; disoluzioan espezie baten forma azidoa (NH₄⁺) eta forma basikoa (NH₃) daude. Hasierako kontzentrazioak hauek izanik:

$$[\text{NH}_3]_0 = 0,14 \text{ mol} / 11 = 0,14 \text{ M}$$

$$[\text{NH}_4\text{C}_6\text{H}_5\text{O}]_0 = 0,06 \text{ mol} / 11 = 0,06 \text{ M}$$

Azido-base bikotearen, NH₄⁺/NH₃, forma basikoaren (NH₃) eta azidoaren (NH₄⁺) hasierako kontzentrazioak handiak nahikoak direnez, disoluzioa indargetzaile bezala konportatuko da, eta pH-a forma azidoaren pK_a-aren heinekoa. [NH₃]₀ > [NH₄⁺]₀ denez, pH-a, pK_a-a baino basikogo izango da, pH > pK_a (NH₄⁺) = 9,26

Ebazpenaren zehar, C_6H_5O erradikala, R baten bidez adieraziko da. Gertatzen diren ekuazioak hauek dira



Prozesu horiek kontutan edukiz, ekuazio hauek idatz daitezke:

Prozesu bakoitzari dagokion oreka-konstantea:

$$K(1) = K_b(R^-) = \frac{K_w(H_2O)}{K_a(HR)} = \frac{[HR][OH^-]}{[R^-]}$$

$$K(2) = K_a(NH_4^+) = \frac{K_w(H_2O)}{K_b(NH_3)} = \frac{[NH_3][H_3O^+]}{[NH_4^+]}$$

3. erreakzioarena ez da jarri behar zeren $K(3) = 10^{-14}$ baita.

$$K(4) = K_w(H_2O) = [H_3O^+][OH^-]$$

Masa-balantzea

$$I.- [NH_3]_0 + [NH_4R]_0 = [NH_4^+] + [NH_3]$$

$$II.- [NH_4R]_0 = [HR] + [R^-]$$

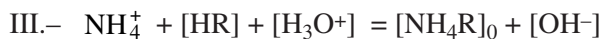
Karga-balantzea:

$$[NH_4^+] + [H_3O^+] = [R^-] + [OH^-]$$

Karga-balantzea disoluzioan kantitate txikienean agertzen diren espezieen funtzioz jarritz,

$$[NH_4^+] + [H_3O^+] = [NH_4R]_0 - [HR] + [OH^-]$$

Beraz, karga-balantzea honela geratzen da:

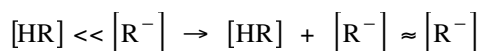


Hurbilketak:

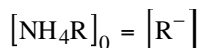
Ze hurbilketa egin daitekeen ikus dezagun orain. I. masa-balantzean ez da posible hurbilketarik egitea zeren disoluzioan bai NH_4^+ , bai NH_3 biak baitaude, eta biak kantitate handitan egongo baitira.

II. masa-balantzean, hurbilketa bat egitea posible da. Fenolatoa base ahul moduan konportatuko da zeren $K_b(\text{R}^-) \approx 10^{-5}$, hasierako fenolatoaren kontzentrazioa baino txikiagoa, beraz,

1. hurbilketa:

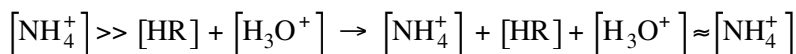


eta II. masa-balantzea honela geratuko da:



III.an, hurbilketa bi egin ditzakegu: disoluzioan dauden $[\text{H}_3\text{O}^+]$ -a eta $[\text{OH}^-]$ -a txikiak dira besteekin konparatuz, disoluziora azidoa eta basea botatzen direnez, hots, OH^- eta H_3O^+ , beraien artean erreakzionatuko dute. Halaber $[\text{HR}]$ -a, NH_4^+ -arekin konparatuz, txikia izan daiteke, zeren fenolatoa ahulki konportatuko baita eta

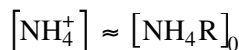
2. hurbilketa:



3. hurbilketa



Hurbilketa hauek eginez, III. ekuazioa honela geratzen da:



Eginiko hurbilketa guztiak kontsideratuz, geratzen diren ekuazioak hauek dira:

$$3,16 \cdot 10^{-5} = \frac{[\text{HR}][\text{OH}^-]}{[\text{R}^-]}; \quad 5,56 \cdot 10^{-10} = \frac{[\text{NH}_3] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]}$$

$$10^{-14} = [\text{H}_3\text{O}^+] [\text{OH}^-]; \quad 0,14 + 0,06 = [\text{NH}_4^+] + [\text{NH}_3]$$

$$0,06 = [\text{R}^-]; \quad 0,06 = [\text{NH}_4^+]$$

Ordezkatuz, eta $[\text{OH}^-]$ -aren funtzioz jarritz,

$$3,16 \cdot 10^{-5} = \frac{[\text{HR}][\text{OH}^-]}{0,06} \rightarrow [\text{HR}] = \frac{1}{[\text{OH}^-]} \cdot 1,9 \cdot 10^{-6}$$

$$5,56 \cdot 10^{-10} = \frac{0,14[\text{H}_3\text{O}^+]}{0,06} \rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 2,38 \cdot 10^{-10}$$

Honela, orekan agertzen diren espezie guztien kontzentrazioak:

$$[\text{OH}^-] = 4,2 \cdot 10^{-5} \text{ M}; [\text{HR}] = 4,52 \cdot 10^{-2} \text{ M}; [\text{H}_3\text{O}^+] = 2,38 \cdot 10^{-10} \text{ M}$$

$$[\text{NH}_4^+] = 0,06 \text{ M}; [\text{R}^-] = 0,06 \text{ M}; [\text{NH}_3] = 0,14 \text{ M}$$

Orain hurbilketetan errorea %5a baino txikiago dela egiaztatu egin behar da.

1. hurbilketa:

$$[\text{HR}] + [\text{R}^-] \approx [\text{R}^-]$$

egokia izateko, $5/100 \cdot [\text{R}^-] > [\text{HR}]$ bete behar da.

$$\frac{5}{100} \cdot 0,06 \not> 4,52 \cdot 10^{-2} \text{ hurbilketa egiterakoan egiten den errorea } \%5\text{a baino handiagoa da; beraz ez da egokia.}$$

2. hurbilketa:

$$[\text{NH}_4^+] + [\text{HR}] + [\text{H}_3\text{O}^+] \approx [\text{NH}_4^+]$$

egokia izateko, $5/100 \cdot [\text{NH}_4^+] > [\text{HR}] + [\text{H}_3\text{O}^+]$ bete behar da.

$$\frac{5}{100} \cdot 0,06 \not> 4,52 \cdot 10^{-2} + 2,38 \cdot 10^{-10} \text{ hurbilketa hau egiterakoan egiten den errorea } \%5\text{a baino handiagoa da; beraz ez da egokia.}$$

3. hurbilketa:

$$[\text{NH}_4\text{R}]_0 + [\text{OH}^-] \approx [\text{NH}_4\text{R}]_0$$

egokia izateko, $5/100 \cdot [\text{NH}_4\text{R}]_0 > [\text{OH}^-]$ bete behar

$$\frac{5}{100} \cdot 0,06 > 4,2 \cdot 10^{-5} \quad \text{hurbilketa hau egokia da.}$$

Beraz, $[\text{HR}]$ ez denez arbuigarri, 1. eta 2. hurbilketak ez dira egokiak.

Orekako kontzentrazioak birkalkulatu behar dira, $[\text{HR}]$ -a arbuatu gabe, geratzen diren ekuazioak hauek direlarik:

$$3,16 \cdot 10^{-5} = \frac{[\text{HR}][\text{OH}^-]}{[\text{R}^-]} \qquad 5,56 \cdot 10^{-10} = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]}$$

$$10^{-14} = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] \qquad 0,14 + 0,06 = [\text{NH}_4^+] + [\text{NH}_3]$$

$$0,06 = [\text{HR}] + [\text{R}^-] \qquad [\text{NH}_4^+] + [\text{HR}] = 0,06$$

$$\text{Beraz, } 0,14 + [\text{HR}] = [\text{NH}_3]$$

$$3,16 \cdot 10^{-5} = \frac{[\text{HR}] \cdot [\text{OH}^-]}{0,06 - [\text{HR}]} \rightarrow 3,16 \cdot 10^{-5} (0,06 - [\text{HR}]) = [\text{HR}][\text{OH}^-]$$

$$5,56 \cdot 10^{-10} = \frac{(0,14 + [\text{HR}]) [\text{H}_3\text{O}^+]}{0,06 - [\text{HR}]} \rightarrow 5,56 \cdot 10^{-10} (0,06 - [\text{HR}]) = (0,14 + [\text{HR}]) [\text{H}_3\text{O}^+]$$

Eta bi ekuazio horiek erabiliz, $[\text{HR}]$ -arekiko 2. ordenako ekuazio bat lortzen da, emaitzak $1,88 \cdot 10^{-2}$ eta $0,445$ direlarik; bigarren emaitza absurdua da, ez baitago horrenbeste HR -rik; beraz, $[\text{HR}] = 1,88 \cdot 10^{-2} \text{ M}$. Emaitza hau erabiliz, orekan dauden espezie guztien kontzentrazioak determina daitezke:

$$[\text{HR}] = 1,88 \cdot 10^{-2} \text{ M}; [\text{R}^-] = 4,12 \cdot 10^{-2} \text{ M}; [\text{OH}^-] = 6,94 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

$$[\text{NH}_4^+] = 4,12 \cdot 10^{-2} \text{ M}; [\text{NH}_3] = 0,159 \text{ M}; [\text{H}_3\text{O}^+] = 1,44 \cdot 10^{-10} \text{ M}$$

Orain, hurbilketak egiterakoan egin den errorea %5a baino txikiago dela egiaztatu behar da:

$$[\text{NH}_4^+] + [\text{HR}] + [\text{H}_3\text{O}^+] \approx [\text{NH}_4^+] + [\text{HR}]$$

egokia izateko, $5/100 \cdot ([\text{NH}_4^+] + [\text{HR}]) > [\text{H}_3\text{O}^+]$, hots

$$\frac{5}{100} \cdot (4,12 \cdot 10^{-2} + 1,877 \cdot 10^{-2}) > 1,44 \cdot 10^{-10} \text{ beraz, hurbilketa egokia da.}$$

Beste hurbilketa, hau da:

$$[\text{NH}_4\text{R}]_0 + [\text{OH}^-] \approx [\text{NH}_4\text{R}]_0$$

egokia izateko, $5/100 \cdot [\text{NH}_4\text{R}] > [\text{OH}^-]$ bete behar da.

$$5/100 \cdot 0,06 > 6,94 \cdot 10^{-5}; \text{ beraz, hurbilketa egokia da}$$

Oreka-kontzentrazioak hauek dira:

$$[\text{R}^-] = [\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-] = 4,12 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

$$[\text{HR}] = [\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}] = 1,88 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

$$\text{Emaitza: } [\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-] = 4,12 \cdot 10^{-2} \text{ M}; [\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}] = 1,88 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

X.B.5.- Disoluzio indargetzaile bat 30,0 g Na_2CO_3 , 350 ml uretan disolbatuz eta HCl-tan 1,00 M den 150 ml-ko disoluzio bat gehituz formatzen da. Determinatu disoluzioaren pH-a.

Datuak: $\text{pK}_1(\text{H}_2\text{CO}_3) = 6,38$; $\text{pK}_2(\text{H}_2\text{CO}_3) = 10,32$

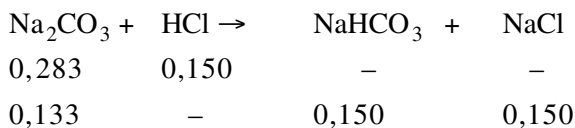
Ebazpena:

Disoluzioan dauden molak hauek dira:

$$\frac{30,0 \text{ g}}{106,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,283 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3$$

$$1 \text{ M} \cdot 0,150 \text{ l} = 0,150 \text{ mol HCl}$$

Na_2CO_3 -ak (base) eta HCl-ak (azido) elkarrekin errakzionatuko dute, NaHCO_3 eta H_2CO_3 emateko. Lehendabizi NaHCO_3 lortuko da.



Ez dago HCl gehiagorik, eta NaCl-a gatz neutro bat denez, pH-a determinatzeko kontutan hartu beharko diren hasierako espezieak hauek dira:

$$[\text{Na}_2\text{CO}_3]_0 = \frac{0,133 \text{ mol}}{(0,350 + 0,150) \text{ l}} = 0,266 \text{ M}$$

$$[\text{NaHCO}_3]_0 = \frac{0,150 \text{ mol}}{(0,350 + 0,150) \text{ l}} = 0,3 \text{ M}$$

Disoluzioan, azido-base bikote baten forma biak daudenez, HCO_3^- eta CO_3^{2-} , eta berauen kontzentrazioak handiak nahikoak direnez, disoluzioa ingargetzaile moduan konportatuko da, eta bere pH-a, forma azidoaren, HCO_3^- , pK -aren heinekoa. Baina forma basikoaren, CO_3^{2-} , hasierako kontzentrazioa, HCO_3^- -arena baino zerbait txikiagoa da, beraz, $\text{pH} < \text{pK}_a(\text{HCO}_3^-) = 10,32$ izango da.

Gertatzen diren prozesuak hauek izango dira:

1. $\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$
2. $\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2 \text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-}$
3. $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_3\text{O}^+$
4. $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$
5. $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$
6. $\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$

1.a eta 2.a, gatzien disoziazio osoak dira; 3.a, forma azidoaren, hots, HCO_3^- -aren, erreakzioa da; 4.a, forma basikoaren hots, CO_3^{2-} -aren, erreakzioa da; 5.a, HCO_3^- -aren erreakzio basikoa da (kontutan hartu HCO_3^- -a anfotero dela); eta 6.a, uraren autoprotolisia.

Plantea daitezkeen ekuazioak hauek dira:

Prozesuei dagozkien oreka-konstanteak:

$$K(3) = K_a(\text{HCO}_3^-) = K_2(\text{H}_2\text{CO}_3) = \frac{[\text{CO}_3^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCO}_3^-]}$$

$K(4)$ ez da behar, zeren $K(3) \cdot K(4) = 10^{-14}$ baita.

$$K(5) = K_b(\text{HCO}_3^-) = \frac{K_w(\text{H}_2\text{O})}{K_1(\text{H}_2\text{CO}_3)} = \frac{[\text{H}_2\text{CO}_3][\text{OH}^-]}{[\text{HCO}_3^-]}$$

$$K(6) = K_w(\text{H}_2\text{O}) = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$$

Masa-balantzeak:

$$\text{I.- Na-arena: } 2[\text{Na}_2\text{CO}_3]_0 + [\text{NaHCO}_3]_0 = [\text{Na}^+]$$

$$\begin{aligned} \text{II.- CO}_3^{2-}\text{-arena: } [\text{Na}_2\text{CO}_3]_0 + [\text{NaHCO}_3]_0 &= \\ &= [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{H}_2\text{CO}_3] \end{aligned}$$

Karga-balantzea:

$$[\text{Na}^+] + [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-]$$

Karga balantzea, kontzentrazio txikienetan agertzen diren espezieen funtzioan jarri behar da, horretarako, $[\text{Na}^+]$ eta $[\text{HCO}_3^-]$ direlakoak ordezkatzuz,

$$\begin{aligned} 2 [\text{Na}_2\text{CO}_3]_0 + [\text{NaHCO}_3]_0 + [\text{H}_3\text{O}^+] &= \\ &= [\text{Na}_2\text{CO}_3]_0 + [\text{NaHCO}_3]_0 - [\text{CO}_3^{2-}] - \\ &- [\text{H}_2\text{CO}_3] + 2 [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] \end{aligned}$$

Ordenatuz, hau lortzen da:

$$\text{III.} - [\text{Na}_2\text{CO}_3]_0 + [\text{H}_2\text{CO}_3] + [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-]$$

Hurbilketak:

Ikus dezagun orain ea hurbilketarik egin daitekeen.

I. masa-balantzean ezin daiteke hurbilketarik egin, zeren espezie guztien kontzentrazioak handiak eta antzerakoak baitira.

II. masa-balantzean, CO_3^{2-} eta HCO_3^- disoluziora gehitzen diren espezieak dira, eta gutxi disoziatzen direnez, berauen kontzentrazioak handiak dira. H_2CO_3 -a eratzen den espezie bat da (4. erreakzioa), baina bere oreka-konstantea txikia denez, $\left(K(4) = K_b(\text{HCO}_3^-) = 2,4 \cdot 10^{-8}\right)$ gutxi eratuko da, eta bere kontzentrazioa arbuiagarri izango da.

1. hurbilketa:

$$\begin{aligned} [\text{H}_2\text{CO}_3] &\ll [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-], \text{ beraz,} \\ [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{H}_2\text{CO}_3] &\approx [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] \end{aligned}$$

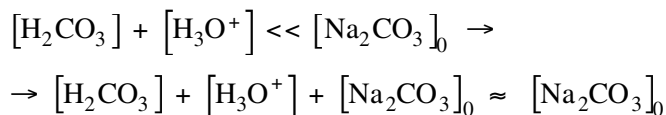
eta II. ekuazioa honela geratzen da:

$$\text{II.} - [\text{Na}_2\text{CO}_3]_0 + [\text{NaHCO}_3]_0 \approx [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]$$

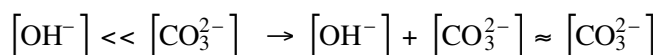
III. ekuazioan ere, $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ -a arbuiagarri izango da, aurreko arrazoi berdinagatik. $[\text{OH}^-]$ eta $[\text{H}_3\text{O}^+]$ espezieen kontzentrazioak ere txikiak izango dira, zeren disoluziora espezie basiko (CO_3^{2-}) bat eta

espezie azido (HCO_3^-) bat gehitzen baitira, eta eratzen diren OH^- eta H_3O^+ -ak beraien artean neutralizatuko dira, ura eratuz. Honela, $[\text{H}_2\text{CO}_3]$, $[\text{OH}^-]$ eta $[\text{H}_3\text{O}^+]$ direlakoak arbuigarriak izango dira, beraz,

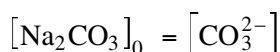
2. hurbilketa:



3. hurbilketa:



eta III. ekuazioa honela geratzen da:



$\text{pK} = -\log K$ dela kontutan edukiz eta, balioak ordezkatzuz, ekuazioak honela geratzen dira:

$$4,79 \cdot 10^{-11} = \frac{[\text{CO}_3^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCO}_3^-]},$$

$$2,4 \cdot 10^{-8} = \frac{[\text{H}_2\text{CO}_3][\text{OH}^-]}{[\text{HCO}_3^-]},$$

$$10^{-14} = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-];$$

$$\text{I.} \quad 2 \cdot 0,266 + 0,3 = [\text{Na}^+]$$

$$\text{II.} \quad 0,266 + 0,3 = [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]$$

$$\text{III.} \quad 0,266 = [\text{CO}_3^{2-}]$$

Ebazpena eginez, lortzen diren balioak hauek dira:

$$\begin{aligned} [\text{Na}^+] &= 0,832 \text{ M}; [\text{CO}_3^{2-}] = 0,266 \text{ M}; [\text{HCO}_3^-] = 0,3 \text{ M} \\ [\text{H}_3\text{O}^+] &= 5,40 \cdot 10^{-11} \text{ M}; [\text{OH}^-] = 1,85 \cdot 10^{-4} \text{ M}; \\ [\text{H}_2\text{CO}_3] &= 3,88 \cdot 10^{-5} \text{ M} \end{aligned}$$

Orain, egin diren hurbilketetan egindako errorea %5a baino txikiagoa den ala ez ikusi behar da.

1. hurbilketa:

$$[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{H}_2\text{CO}_3] \approx [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]$$

egokia izateko, $\frac{5}{100} \cdot ([\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]) > [\text{H}_2\text{CO}_3]$ bete behar da:

$$\frac{5}{100} \cdot (0,266 + 0,3) > 3,88 \cdot 10^{-5}$$

beraz hurbilketa egokia da.

2. hurbilketa:

$$[\text{Na}_2\text{CO}_3]_0 + [\text{H}_2\text{CO}_3] + [\text{H}_3\text{O}^+] \approx [\text{Na}_2\text{CO}_3]_0$$

egokia izateko, $\frac{5}{100} \cdot ([\text{Na}_2\text{CO}_3]_0) > [\text{H}_2\text{CO}_3] + [\text{H}_3\text{O}^+]$ bete behar da:

$$\frac{5}{100} \cdot 0,266 > 3,88 \cdot 10^{-5} + 5,40 \cdot 10^{-11}$$

beraz, hurbilkea egokia da.

3. hurbilketa:

$$[\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] \approx [\text{CO}_3^{2-}]$$

egokia izateko, $\frac{5}{100} \cdot [\text{CO}_3^{2-}] > [\text{OH}^-]$ bete behar da.

$$\frac{5}{100} \cdot 0,266 > 1,85 \cdot 10^{-4}$$

beraz, hurbilketa egokia da.

$$\begin{aligned} \text{Emitzen errorea, \%5a baino txikiagoa denez, } \text{pH} &= -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = \\ &= -\log 5,40 \cdot 10^{-11} = 10,27 \end{aligned}$$

Aurrean den bezala, 10,32 baino zerbait azidoago.

Emitza: $\text{pH} = 10,27$

C.- PROBLEMAK

X.C.1.- Azido zianhidrikotan 1 M den disoluzio baten pH-a eta orekako kontzentrazioak determina itzazu

Datua: $K_a(\text{HCN}, 25^\circ\text{C}) = 4,9 \cdot 10^{-10}$.

X.C. 2.- Azido klorhidrikotan $5 \cdot 10^{-8}$ M den disoluzio baten pH-a determinatu. Berdin, 10^{-10} M den disoluzio batena.

X.C.3.- pH berdin 5,33 duen 10 l disoluzio behar dira. Laborategian azido zianhidrikoa dago. Nola prestatuko zenuke disoluzio hori? Zenbat gramo beharko lirateke?

Datua: $K_a(\text{HCN}, 25^\circ\text{C}) = 4,9 \cdot 10^{-10}$.

X.C.4.- Disoluzio baten $[\text{H}_3\text{O}^+]$ -a determinatu, disoluzio hori azido formikotan 0,015 M dela eta azido klorhidrikotan 0,02 M dela jakinik.

Datua: $K_a(\text{HCOOH}) = 1,8 \cdot 10^{-4}$.

- X.C.5.- Disoluzio baten $[\text{OH}^-]$ -a determinatu, disoluzio horren 200 cm^3 -tan 0,005 mol amoniako eta 0,005 mol piridina daudela jakinik.

Datua: $K_b(\text{NH}_3) = 1,8 \cdot 10^{-5}$; $K_b(\text{C}_5\text{H}_5\text{N}) = 1,5 \cdot 10^{-9}$.

- X.C.6.- 0,2 mol azido klorhidriko eta 0,10 mol azido sulfhidriko 1 litro ur-disoluziotan daude. Determinatu disoluzioaren pH-a.

Datua: $K_1(\text{H}_2\text{S}) = 1,1 \cdot 10^{-7}$; $K_2(\text{HS}^-) = 10^{-14}$.

- X.C.7.- Azido oxalikotan ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) 0,1 M den disoluzio baten pH-a determinatu

Datua: $K_a(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 5,0 \cdot 10^{-2}$; $K_a(\text{HC}_2\text{O}_4^-) = 5,2 \cdot 10^{-5}$

- X.C.8.- pH berdin 1,00 duen disoluzio bat prestatu behar da, azido sulfurikoz. Zein da disoluzioaren molaritatea?

Datua: $K_a(\text{H}_2\text{SO}_4) \gg 1$; $K_a(\text{HSO}_4^-) = 1,26 \cdot 10^{-2}$

- X.C.9.- Bi disoluzio daude: A disoluzioa, 400 ml azido hipobromosoz osotuta dago, dentsitatea, 1,020 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ eta aberastasuna, pisutan, %0,380 direlarik; eta B disoluzioa, 500 ml amoniakoz osotuta dago, dentsitatea 0,960 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ eta aberastasuna %0,177 direlarik. A disoluziotik 125 cm^3 hartzen dira, B disoluziotik 50 cm^3 , eta 500 ml-ko matrize aforatu batera eramaten dira, ur distilatuz parekatzen delarik. Lortzen den disoluzioaren pH-a determinatu.

Datuak: $K_b(\text{NH}_3) = 1,8 \cdot 10^{-5}$; $K_a(\text{HBrO}) = 2,5 \cdot 10^{-9}$

- X.C.10.- Amoniakotan 0,250 M diren 10 ml, eta amonio nitratotan 0,1 M diren 30 ml elkarrekin nahasten dira. Kalkulatu lortzen den disoluzioaren pH-a.

Datua: $K_b(\text{NH}_3) = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

- X.C.11.- Aurreko problemako disoluzioari zenbat ml amoniako 0,250 M gehitu beharko zaizkio pH-a 9,38 izan dadin?

- X.C.12.- Azido zianhidrikotan 1 M den 500 cm^3 -ko disoluzio batetik, 200 cm^3 hartzen dira eta 500 cm^3 -ko matrize aforatu batera eramaten dira. Ontzi honetan aurretik 4 g sodio hidroxido zeuden jarriak. Gero ur distilatuz parekatzen da.

a.- Lortzen den disoluzioaren pH-a kalkulatu. OH^- ioien kontzentrazioa disoluzioan kalkulatu.

- b.- Zenbat mol sodio hidroxido solido bota behar dira pH-a unitate batean gehitzeko? (disoluzioaren bolumen-gehiketa arbuia).

Datua: $pK_a(\text{HCN}) = 9,3$.

- X.C.13.- Amoniakoa erabiliz, $\text{pH} = 11,11$ duen disoluzio bat prestatu nahi da. Determinatu amoniakoaren kontzentrazioa disoluzio horretan.

Datua: $K_b(\text{NH}_3) = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

- X.C.14.- Hipobromito ioia azido hipobromosoaren base konjokatua dela jakinik, eta sodio hipobromitotan $0,1 \text{ M}$ den disoluzio baten pH-a $10,85$ dela jakinik, determinatu hipobromitoaren basikotasun-konstantea eta azido hipobromosoaren azidotasun-konstantea.

- X.C.15.- 25°C -tan, amoniakotan $0,01 \text{ M}$ den disoluzio batean, amoniakoa $\%4,3$ -tan disoziatuta dago. Determinatu

- a.- Orekako OH^- -aren kontzentrazioa
- b.- Amoniakoaren disoziazio-konstantea
- c.- $[\text{OH}]$ -a, aurreko 1 l disoluziori $0,0090 \text{ mol}$ amonio kloruro gehitzen zaizkionean.

- X.C.16.- $\text{pH} = 8,50$ duen 1 l disoluzio indargetzaile prestatu nahi da.

- a.- $0,01 \text{ mol}$ potasio zianurorekin eta laborategian aurkitzen diren errektibo arruntekin, nola prestatuko zenuke disoluzio hori?
- b.- Disoluzio horren 100 ml-ri, $0,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ azido perkloriko gehitzen zaizkionean, nola aldatuko da pH-a?
- c.- Hasierako disoluzioaren 100 ml-ri $0,05 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ sodio hidroxido gehitzen zaizkionean, nola aldatuko da pH-a?

Datua: $K_a(\text{HCN}) = 4,8 \cdot 10^{-10}$.

- X.C.17.- a.- $0,010 \text{ mol}$ azido klorhidriko gaseoso, 1 litro uretan disolbatzen dira. Zein da disoluzioaren pH-a?
- b.- Azido klorhidrikozko mol-kantitate berdina, sodio zianurotan $0,30 \text{ M}$ den eta azido zianhidrikotan $0,30 \text{ M}$ den 1 litro disoluzio indargetzaileari gehitzen zaio. Zein da pH-aren aldaketa gehiketa horren ondoren?

Datua: $pK_a(\text{HCN}) = 9,3$.

X.C.18.- 0,1 mol azido zianhidriko eta 0,1 mol sodio zianuro dituen 0,5 l-ko disoluzio bat prestatu da. Azido zianhidrikoaren pK_a 9,3 dela jakinik, kalkulatu

- a.- Disoluzioaren pH-a
- b.- Zein da $[OH^-]$ -a disoluzioan?
- c.- Disoluzioaren pH-aren balorea unitate batean gehitzeko, zenbat gramo sodio hidroxido bota beharko diogu? (Disoluzioaren bolumen-inkrementua arbuiaitu).

X.C.19.- $pH = 5,1$ duen disoluzio indargetzaile bat prestatu nahi da. Horretarako 0,1 mol sodio azetatori zera botako zaio, edo sodio hidroxidotan 0,2 M den disoluzioaren "V" bolumena edo azido klorhidrikotan 0,2 M den disoluzioaren "V" bolumena. Horrela lortutako disoluzioari ura gehituko zaio bolumen totala 1 litro izan arte.

- a.- Ze disoluzio gehituko zenioke?
- b.- Zein da behar den bolumena?

Datua: pK_a (HAc) = 4,75

X.C.20.- 25°C-tan disodio hidrogenofosfatotan 2,5 M den ur-disoluzio baten 100 cm³-ko disoluzio bat, 1 l-raino diluitzen da. Determinatu lortzen den disoluzioaren pH-a.

Datuak: azido fosforikoarentzat, $pK_{a1} = 2,12$; $pK_{a2} = 7,21$; $pK_{a3} = 12$.

X.C.21.- Sodio karbonatozko 2,12 g, 50 cm³ uretan disolbatzen dira, eta gero 100 cm³-raino diluitzen. Zein da disoluzioaren pH-a?

Datuak: Azido karbonikoarentzat, $pK_1 = 6,38$; $pK_2 = 10,32$

X.C.22.- 0,250 mol sodio karbonato eta 0,300 mol sodio hidrogenokarbonato uretan nahastatu ondoren, 250 cm³-ko ur-disoluzio bat lortzen da. Determinatu disoluzioaren pH-a.

Datuak: Azido karbonikoaren $pK_1 = 6,38$ da, eta $pK_2 = 10,32$

X.C.23.- Bi disoluzio, A eta B, daude. A-k, azido nitrosotan $5 \cdot 10^{-2}$ M diren 300 ml ditu; eta B-k, amoniakotan 10^{-1} M den 1 litro.

- a.- A disoluziotik 100 ml eta B-tik 50 ml hartzen dira, eta 500 ml-ko matraze aforatu batera eramaten dira, gero ur distilatuz parekatzen delarik. Kalkulatu lortzen den disoluzioaren pH-a.
- b.- a.- ataleko disoluzioari azido klorhidrikoa gehitzen zaio, beronen kontzentrazioa 10^{-4} M izan arte. Kalkulatu disoluzioaren pH berria.

Datuak: $K_a(\text{NH}_4^+) = 5,75 \cdot 10^{-10}$; $K_a(\text{HNO}_2) = 5,13 \cdot 10^{-4}$

- X.C.24.- Bi disoluzio dauzkagu, A disoluzioa, 0,25 g sodio hidroxido 500 cm³ uretan disolbatuz prestatua, eta B disoluzioa azido hipoklorosotan 10^{-2} M den 300 ml-koa dena.

Kalkulatu

- a.- Era honetan prestatutako disoluzioaren pH-a: A disoluziotik 40,0 ml gehi B disoluziotik 125 ml; eta, 250 ml-rainoko bolumena osotu arte, ura gehituz.
- b.- pH-a, a ataleko disoluzioa bolumen bikoitza lortu arte diluitzen bada.

Datua: $\text{p}K_a(\text{HClO}) = 7,53$

- X.C.25.- Alde batetik, 0,91 g $\cdot \text{cm}^{-3}$ -ko dentsitatea duen, eta pisutan %25eko aberastasuna duen amoniako-disoluzio baten 250 cm³ ditugu; eta, bestetik, 1,67 g $\cdot \text{cm}^{-3}$ -ko dentsitatea duen, eta pisutan %70eko aberastasuna duen azido perklorikozko disoluzio baten 250 cm³. Lehen disoluziotik 7,5 cm³ hartzen dira, eta bigarrenetik 4,5 cm³, eta 250 cm³-ko matraze batera eramaten eta parekatzen. Horrela lortzen den disoluzioaren pH-a kalkulatu, eta halaber orekan dauden espezie guztien kontzentrazioak.

Datua: $\text{p}K_b(\text{NH}_3) = 4,74$

- X.C.26.- Fenolftaleina, pH-a 8,0 denean, morexka kolorea hartzen hasten da, eta pH-a 9,8 denean, zeharo morea da. Determinatu fenolftaleina koloreztatuko den
- a.- 25 cm³-ko disoluzio batean, zeinean amoniakotan 0,1 M den 1 cm³ disolbatuta baitago.
 - b.- Disoluzio berdinean, baina 0,1 g amonio kloruro gehituz.

- X.C.27.- Azido-base indikatzaile bat azido ahula da, bere disoziazio-konstantea $3,0 \cdot 10^{-5}$ izanik. Indikatzailearen azido-forma gorria da, eta base-forma, urdina. Zenbat aldatu behar da pH-a %75 gorri izatetik %75 urdina izatera pasatzeko?

X.C.28.- Metilo-gorria delako indikatzailea azido ahula da, bere disoziazio-konstantea $7,93 \cdot 10^{-6}$ izanik. Forma gorriaren (azido) %6a eta forma horiaren (basea) %12a ezin daitezke bereiztu. Determinatu, kolore-aldaketa ongi bereizteko, zein den pH-aldaketa.

X.C.29.- 50 ml amoniako neutralizatzeko, azido klorhidrikotan 0,1 M den disoluzio baten 12,50 ml behar dira. Kalkulatu:

- a.- Amoniakoaren, hasierako disoluzioaren pH-a, eta NH_4^+ -aren kontzentrazioa.
- b.- Azido klorhidrikotan 0,1 M den disoluzioaren 8 ml bota eta gero zeintzuk diren pH-a eta NH_4^+ -aren kontzentrazioa.
- c.- pH-a eta $[\text{NH}_4^+]$ -a baliokidetza-puntuan.
- d.- Baliokidetza-puntua pasatu eta gero, 15 ml azido klorhidriko gehiago botatzen dira. Zeintzuk dira pH-a eta $[\text{NH}_4^+]$ -a.
- e.- Balorazio-kurbaren irudia.
- f.- Balorazio hau egiteko, ondoko indikatzaileen artean zein den hoberena: fenolftaleina ($\text{pK} = 8,9$), bromotimol-urdina ($\text{pK} = 7,5$), metilo-gorria ($\text{pK} = 5,1$).

Datua: $\text{pK}_b(\text{NH}_3) = 4,74$

X.C.30.- Azido monoprotiko ahul ($K_a = 1,24 \cdot 10^{-5}$) baten muestra bat, zeinak 1,250 g pisatzen baitu, 50 cm³ uretan disolbatzen da; lortzen den disoluzioa baloratzerakoan sodio hidroxidotan 0,090 M den disoluzio baten 41,20 cm³ behar dira baliokidetza-puntura heltzeko. Determinatu:

- a.- Azidoaren pisu molekularra.
- b.- Baliokidetza-puntuko pH-a.
- c.- Balorazio hau egiteko, ondoko indikatzaileetarik zein den hoberena: fenolftaleina ($\text{pK} = 9$), fenol-gorria ($\text{pK} = 7$), metilo-gorria ($\text{pK} = 6$), bromokresol-berdea ($\text{pK} = 5$), metilo-laranja ($\text{pK} = 4$), dimetilo-horia ($\text{pK} = 3$).

XI. Disolbagarritasuna

A.- GALDERAK

XI.A.1.- Azido nitriko, amoniako eta amonio kloruro direlako substantzien ur-disoluzioetatik, zein erabiliko zenuke

- a.- Bario karbonatoa disolbatzeko.
- b.- Zilar kloruroa disolbatzeko.
- c.- Magnesio hidroxidoa disolbatzeko.
- d.- Kobre sulfuroa disolbatzeko.

Kasu bakoitzean gertatzen den prozesua azaldu.

XI.A.2.-Azaldu, arrazonatuz,

a.- Nola alda daitekeen kaltzio karbonatoaren disolbagarritasuna uretan ondoko disoluzioak gehitzerakoan:

- 1.- Azido karboniko 1 M
- 2.- Potasio nitrato 1 M
- 3.- Azukre 1 M
- 4.- Azido klorhidriko 1 M.

b.- Zergatik, uretan, sodio kloruroa, kaltzio karbonatoa baino disolbagarriago den.

XI.A.3.-Disoluzio batek CO_3^{2-} , Cl^- eta I^- anioiak ditu, denak kontzentrazio berdinean (10^{-1} M). Astiro-astiro, zilar nitratoa gehitzen da.

- a.- Zein izango da ioien prezipitazio-ordena?
- b.- Lortutako erresultatua ikusiz, ioien prezipitazio-ordena kontrolatzen duen faktorea disolbagarritasun-biderkadura al da? Ezetz bada, zein da prezipitazio-ordena kontrolatzen duen aldagaia? Justifikatu.

XI.A.4.-Kualitatiboki, zilar kloruroaren disolbagarritasuna konparatu, ur purutan, azido klorhidrikotan 0,1 M den ur-disoluzio batean, eta amoniakotan 0,1 M den disoluzio batean. Justifikatu.

XI.A.5.-Bi gatz ditugu, beraien formula molekularrak ezezagunak direlarik eta disolbagarritasun-biderkadura berdinekoak. Esan al duzu gatz bien disolbagarritasunak berdinak diren ala ez? Erantzuna arrazonatu, adibide bat jarriz.

XI.A.6.-Tenperatura konstante batean, gatz baten disolbagarritasuna, disolbagarritasun-biderkadurarekin zuzenki erlazionatuta dago. Zenbat eta K_s txikiagoa izan, disolbagarritasuna txikiagoa izango al da? Ze kasutan bai? Ondoko kasuei aplikatu:

- a.- $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ $K_s = 10^{-33}$ eta CaX $K_s = 10^{-20}$
 b.- CaSO_4 $K_s = 10^{-4}$ eta CaCrO_4 $K_s = 10^{-2}$

XI.A.7.-Ondoko konposatuen ur-disoluzio saturatuak, prezipitatuarekin batera, ontzi desberdinetan dauzkagu: kaltzio oxalatoa, magnesio hidroxidoa, kaltzio fosfatoa, zilar kloruroa, kobre sulfuroa. Ontzi bakoitzean zer gertatzen den azaldu, hau da, konposatuak gehiago prezipitatzen duen ala gehiago disolbatzen den azaldu, disoluzioei ondoko disoluzioak gehitzen bazaizkie: azido klorhidrikoa, amoniakoa, sodio kloruroa, azido klorhidriko gehi azido nitriko, magnesio kloruroa, kaltzio kloruroa, amonio kloruroa.

XI.A.8.-Eztabaidatu, arrazoiak adieraziz eta gertatzen diren erreakzio desberdinak idatziz, baieztapen hauek zuzenak diren ala ez:

- a.- Bi^{3+} -, Ag^{+} - eta Cu^{2+} -tan ekimolekularra den disoluzio bati azido sulfhidrikoa gehitzen zaionean, ioiak sulfuro-eran prezipitatzeko, prezipitatzeko-ordena hau da: 1) Bismuto sulfuro, 2) Zilar sulfuro, 3) Kobre sulfuro.
 b.- Ag^{+} , Pb^{2+} eta Fe^{3+} ioiak dituen disoluzio bati azido klorhidrikoa gehitzen zaio, lortzen den prezipitatu iragazi egiten da beraren gainean amoniakozko ur-disoluzio bat gehituz, honela hiru ioien bereizketa bat egiten delarik.

B.- PROBLEMA EBATZIAK

XI.B.1.- 1 l-ko disoluzio batean $2 \cdot 10^{-3}$ mol berun perklorato eta $2 \cdot 10^{-3}$ mol estrontzio perklorato daude. Disoluzio honi sodio sulfatoa gehitzen zaio, ioi sulfatoaren kontzentrazioa disoluzioan $5 \cdot 10^{-3}$ M izan arte.

- a.- Zeintzuk izango dira $[\text{Pb}^{2+}]$ eta $[\text{Sr}^{2+}]$ orekan?
 b.- Zenbat gramo berun sulfato eta estrontzio sulfato prezipitatuko dira?

Datuak: $K_s(\text{PbSO}_4) = 2 \cdot 10^{-8}$ $K_s(\text{SrSO}_4) = 2,8 \cdot 10^{-7}$

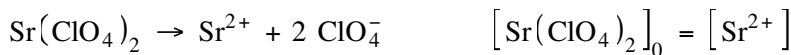
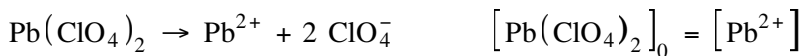
Ebazpena:

- a.- Hasieran, SO_4^{2-} -a gehitu baino lehen, disoluzioan dauden $[\text{Sr}^{2+}]$ eta $[\text{Pb}^{2+}]$ hauek izango dira:

$$[\text{Pb}(\text{ClO}_4)_2]_0 = \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{1 \text{ l}} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$[\text{Sr}(\text{ClO}_4)_2]_0 = \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{1 \text{ l}} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

Beraz, gatz disolbagarriak direnez,



Horrela,

$$[\text{Pb}^{2+}] = 2 \cdot 10^{-3} \text{ M} \quad \text{eta} \quad [\text{Sr}^{2+}] = 2 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

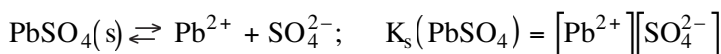
Disoluziora SO_4^{2-} -a botatzen denean, disoluzioan dagoen $[\text{SO}_4^{2-}] = 5 \cdot 10^{-3}$ izan arte, Pb^{2+} eta Sr^{2+} prezipitatuta egon beharko dute parte batean, zeren

$$[\text{Pb}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 10^{-5} > K_s(\text{PbSO}_4) \text{ eta}$$

$$[\text{Sr}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 10^{-5} > K_s(\text{SrSO}_4) \text{ baitira.}$$

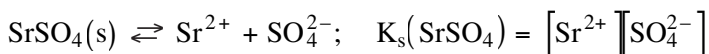
Beraz, disoluzioa saturatuta egongo da PbSO_4 -tan eta SrSO_4 -tan, eta disoluzioan dagoen $[\text{SO}_4^{2-}] = 5 \cdot 10^{-3}$ da, eta disoluzioan egon daitekeen $[\text{Pb}^{2+}]$ -a eta $[\text{Sr}^{2+}]$ -a disolbagarritasun-konstantearen bidez determina daitezke.

Honela, disoluzioa PbSO_4 -tan saturatuta badago eta $[\text{SO}_4^{2-}] = 5 \cdot 10^{-3}$ M bada,



$$[\text{Pb}^{2+}] = \frac{K_s(\text{PbSO}_4)}{[\text{SO}_4^{2-}]} = \frac{2 \cdot 10^{-8}}{5 \cdot 10^{-3}} = 4,0 \cdot 10^{-6} \text{ M}$$

eta berdin SrSO_4 -tan saturatuta badago,



$$[\text{Sr}^{2+}] = \frac{K_s(\text{SrSO}_4)}{[\text{SO}_4^{2-}]} = \frac{2,8 \cdot 10^{-7}}{5 \cdot 10^{-3}} = 5,6 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

a.- *Emaitza*: $[\text{Pb}^{2+}] = 4 \cdot 10^{-6}$; $[\text{Sr}^{2+}] = 5,6 \cdot 10^{-5}$

b.- Hasieran, disoluzioaren bolumena 1 litro denez, disoluzioan dauden Pb^{2+} -aren eta Sr^{2+} -aren molak $2 \cdot 10^{-3}$ dira, eta prezipitatuz gero Pb^{2+} -aren molak $4,0 \cdot 10^{-6}$ eta Sr^{2+} -arenak $5,6 \cdot 10^{-5}$ dira. Orduan Pb^{2+} -aren prezipitatu-molen kopurua,

$$2 \cdot 10^{-3} \text{ mol} - 4 \cdot 10^{-6} \text{ mol} = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol da}$$

eta Sr^{2+} -arena,

$$2 \cdot 10^{-3} \text{ mol} - 5,6 \cdot 10^{-5} \text{ mol} = 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Beraz, $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol PbSO}_4$ eta $1,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol SrSO}_4$ prezipitatzen dira, eta gramotan,

$$2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 303,2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,61 \text{ g PbSO}_4$$

$$1,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 183,62 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,36 \text{ g SrSO}_4$$

b.- *Eraitza*: PbSO_4 : 0,61 g; SrSO_4 : 0,36 g

XI.B.2.- HCl -tan 0,75 M diren 200 ml eta NH_3 -tan 0,70 M diren 300 ml, 20 ml urekin nahasten dira.

a.- Determinatu orekako NH_3 -aren kontzentrazioa eta pH-a.

b.- 0,01 mol Mg^{2+} gehitzen direnean, kalkulatu, %-tan, prezipitatzen duen kantitatea.

$$\text{Datuak: } K_a(\text{NH}_4^+) = 5,56 \cdot 10^{-10} \quad K_s(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 5,61 \cdot 10^{-12}$$

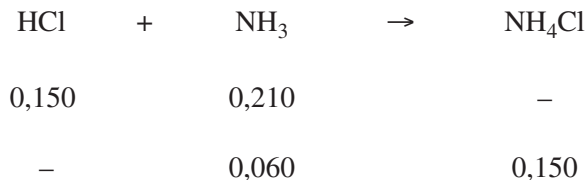
Ebazpena:

a.- Nahastea egin ondoren, disoluzioan agertzen diren molak hauek dira:

$$n_{\text{HCl}} = 0,75 \cdot 0,200 \text{ mol} = 0,150 \text{ mol}$$

$$n_{\text{NH}_3} = 0,70 \cdot 0,300 \text{ mol} = 0,210 \text{ mol}$$

HCl -a azidoa denez eta NH_3 -a basea, beraien artean neutralizazio bat gertatuko da:



Disoluzioaren bolumena 20 ml + 200 ml + 300 ml = 520 ml kontsideratuz, hasierako kontzentrazioak hauek dira:

$$[\text{NH}_3]_0 = 0,06 \text{ mol} / 0,520 \text{ ml} = 0,115 \text{ M}$$

$$[\text{NH}_4\text{Cl}]_0 = 0,150 \text{ mol} / 0,520 \text{ ml} = 0,288 \text{ M}$$

Azido-base bikote baten, $\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3$, forma biak agertzen direnez, eta kontzentrazio handitan, disoluzioa indargetzaile gisan konportatuko da; pH-a, forma azidoaren, NH_4^+ , pK_a -aren ingurukoa izanik. Baina $[\text{NH}_4^+]_0 > [\text{NH}_3]$ denez, pH-a, pK_a -a baino azidoago izango da, $\text{pH} < \text{pK}_a$ (NH_4^+) = 9,25 eta orekako $[\text{NH}_4^+]$ eta $[\text{NH}_3]$ hasierakoen ingurukoak izango dira. Ebazpena kuantitatiboki eginez,

- 1.- $\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{Cl}^-$
- 2.- $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$
- 3.- $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$
- 4.- $\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$

Ekuazio hauek idatz daitezke:

Prozesu bakoitzari dagokion oreka-konstantea:

$$K(2) = K_a(\text{NH}_4^+) = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]}$$

$K(3)$ ez da behar zeren $K(2) \cdot K(3) = 10^{-14}$ baita

$$K(4) = 10^{-14} = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$$

Masa-balantzeak:

$$\text{I.} - [\text{NH}_4\text{Cl}]_0 = [\text{Cl}^-]$$

$$\text{II.} - [\text{NH}_4\text{Cl}]_0 + [\text{NH}_3]_0 = [\text{NH}_4^+] + [\text{NH}_3]$$

Karga-balantzea:

$$[\text{Cl}^-] + [\text{OH}^-] = [\text{NH}_4^+] + [\text{H}_3\text{O}^+]$$

Kontzentrazio txikienetan agertzen diren espezieen funtzioz jartzeko, $[\text{NH}_4^+]$ ordezkatzuz zera lortzen da,

$$\text{III.- } [\text{NH}_3] + [\text{OH}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] + [\text{NH}_3]_0$$

Hurbilketak.

Hurbilketak bakarrik III. ekuazioan egin daitezke, zeren disoluziora NH_3 (forma basikoa) eta NH_4^+ (forma azidoa) biak botatzen badira, formatzen diren $[\text{OH}^-]$ eta $[\text{H}_3\text{O}^+]$ neutralizatu egingo baitira, eta beraien kontzentrazioak txikiak izango dira, beraz,

1. hurbilketa

$$[\text{OH}^-] \ll [\text{NH}_3]$$

$$\text{beraz, } [\text{NH}_3] + [\text{OH}^-] \approx [\text{NH}_3]$$

2. hurbilketa

$$[\text{H}_3\text{O}^+] \ll [\text{NH}_3]_0$$

$$\text{beraz, } [\text{NH}_3]_0 + [\text{H}_3\text{O}^+] \approx [\text{NH}_3]_0$$

III. ekuazioa honela geratzen da:

$$[\text{NH}_3] \approx [\text{NH}_3]_0$$

Ordezkatuz, geratzen diren ekuazioak hauek dira:

$$5,56 \cdot 10^{-10} = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]} \quad [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14}$$

$$0,288 = [\text{Cl}^-] \quad [\text{NH}_3] = 0,115$$

$$0,288 + 0,115 = [\text{NH}_4^+] + [\text{NH}_3]$$

Ekuazioon ebazpena eginez, emaitza hauetara heltzen da:

$$\begin{aligned} [\text{Cl}^-] &= [\text{NH}_4^+] = 0,288\text{M} & [\text{NH}_3] &= 0,115\text{M} \\ [\text{H}_3\text{O}^+] &= 1,39 \cdot 10^{-9}\text{M} & [\text{OH}^-] &= 7,18 \cdot 10^{-6}\text{M} \end{aligned}$$

Hurbilketak egiaztatuz,

1. hurbilketa



egokia izateko,

$$\frac{5}{100} \cdot [\text{NH}_3] > [\text{OH}^-]$$

$$\frac{5}{100} \cdot 0,115 > 7,18 \cdot 10^{-6}$$

Beraz, hurbilketa egokia da.

2. hurbilketa



egokia izateko

$$\frac{5}{100} \cdot [\text{NH}_3] > [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$\frac{5}{100} \cdot 0,115 > 1,39 \cdot 10^{-9}$$

Beraz, hurbilketa hau ere egokia da.

Egiten diren erroreak %5a baino txikiagoak direnez, emaitzak hauek berauek dira, eta $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = 8,86$

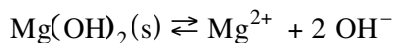
a.- *Emaitza*: $[\text{NH}_3] = 0,115$; $\text{pH} = 8,86$

b.- 0,01 mol Mg^{2+} gehitu ondoren, disoluzioan,

$$[\text{Mg}^{2+}] = \frac{0,01 \text{ mol}}{0,5201} = 1,92 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

Mg^{2+} -ak, $\text{NH}_3/\text{NH}_4\text{Cl}$ disoluzioan ez du konplexurik eratzen, eta eratu daitekeen prezipitatu bakarra $\text{Mg}(\text{OH})_2$ -a da

Disoluzioa $\text{Mg}(\text{OH})_2$ -az saturatuta dagoenean, prozesu hau betetzen da:



$$\text{eta } K_s(\text{Mg}(\text{OH})_2) = [\text{Mg}^{2+}][\text{OH}^-]^2$$

Ikus dezagun ea $\text{Mg}(\text{OH})_2$ -rik prezipitatzen den:

Kasu honetan, $[\text{OH}^-] = 7,18 \cdot 10^{-6} \text{ M}$

$$[\text{Mg}^{2+}] = 1,92 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

$$\text{eta } [\text{Mg}^{2+}] [\text{OH}^-]^2 = 1,92 \cdot 10^{-2} \cdot (7,18 \cdot 10^{-6})^2 = 9,90 \cdot 10^{-13}$$

Hau da, $[\text{Mg}^{2+}] [\text{OH}^-]^2 < K_s$ ($K_s = 5,61 \cdot 10^{-12}$)

Beraz, ez da Mg^{2+} -rik prezipitatzen, eta %-tan, %0ak prezipitatzen du.

b.- *Eraitza*: %0

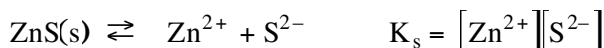
XI.B.3.- 18°C -tan eta 1 atm-tan, H_2S -disoluzio saturatu batean hau betetzen da:
 $[\text{S}^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]^2 = 10^{-22}$. Mn^{2+} -tan 0,01 M, eta Zn^{2+} -tan 0,01 M den disoluzio bat H_2S -rekin saturatzen denean, determinatu:

- pH-eskalaren balio-tartea prezipitaturik ez agertzeko
- pH-eskalaren balio-tartea bakarrik ioi batek prezipitatzeko. Ze pH-tan izango da bereizketa kuantitatiboa?
- Hasierako disoluzioari HAc eta NaAc gehitzen zaizkio, HAc-tan 0,1 M izan arte eta NaAc-tan 0,04 M izan arte. Gehiketa honetan bolumena aldatzen ez dela suposatuz, ze ioi prezipitatuko da? Ioi honen ze kantitate geratuko da disoluzioan, ehunekobestetan?

Datuak: $K_s(\text{MnS}) = 4,6 \cdot 10^{-14}$ $K_s(\text{ZnS}) = 2,9 \cdot 10^{-25}$
 $K_a(\text{HAc}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$

Ebazpena:

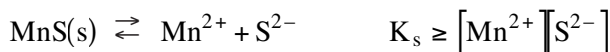
a.- Disoluzioa ZnS -z saturatuta dagoenean:



Eta, ZnS -rik ez prezipitatzeko, $K_s \geq [\text{Zn}^{2+}][\text{S}^{2-}]$

$$[\text{S}^{2-}] \leq \frac{K_s(\text{ZnS})}{[\text{Zn}^{2+}]} = \frac{2,9 \cdot 10^{-25}}{0,01} = 2,9 \cdot 10^{-23} \text{ M}$$

Era berdinean, MnS-aren prezipitaturik ez agertzeko,



$$[\text{S}^{2-}] \leq \frac{K_s(\text{MnS})}{[\text{Mn}^{2+}]} = \frac{4,6 \cdot 10^{-14}}{0,01} = 4,6 \cdot 10^{-12} \text{ M}$$

Inolako prezipitaturik ez agertzeko, ez MnS ez eta ZnS, zera bete behar da $[\text{S}^{2-}] \leq 2,9 \cdot 10^{-23} \text{ M}$

Disoluzioa H_2S -z saturatura dagoenean, ekuazio hau betetzen da:

$$10^{-22} = [\text{S}^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]^2; \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = \left(\frac{10^{-22}}{[\text{S}^{2-}]} \right)^{1/2}$$

$$[\text{S}^{2-}] \leq 2,9 \cdot 10^{-23} \text{ M} \quad \text{izateko} \quad [\text{H}_3\text{O}^+] \geq \left(\frac{10^{-22}}{2,9 \cdot 10^{-23}} \right)^{1/2} = 1,86 \text{ M}$$

Beraz, $[\text{H}_3\text{O}^+] \geq 1,86 \text{ M}$ denean, edo eta $\text{pH} \leq -0,3$ hipotetiko batean, prezipitaturik ez da agertuko.

a.- *Emaitza*: ($\text{pH} \leq -0,3$)

b.- Batek bakarrik prezipitatzerakoan, bakarrik ZnS-ak prezipitatuko du, zeren $[\text{S}^{2-}]$ -aren kontzentrazio txikiena behar du prezipitatzeko: $[\text{S}^{2-}] > 2,9 \cdot 10^{-23}$, eta beraz, ZnS-ak prezipitatzeko $\text{pH} > -0,3$ izan behar du, eta MnS-a ez da hasiko prezipitatzen $[\text{S}^{2-}] > 4,6 \cdot 10^{-12} \text{ M}$ izan arte. Ikus dezagun, beraz, ze pH-tan gertatzen den hau.

$$10^{-22} = [\text{H}_3\text{O}^+]^2 [\text{S}^{2-}] \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] < \left(\frac{10^{-22}}{4,6 \cdot 10^{-12}} \right)^{1/2} = 4,7 \cdot 10^{-6} \text{ M} \\ [\text{S}^{2-}] > 4,6 \cdot 10^{-12} \text{ M} \end{array} \right.$$

$[\text{H}_3\text{O}^+] < 4,7 \cdot 10^{-6} \text{ M}$; $\text{pH} > 5,3$. Balore honetan hasiko da MnS-a prezipitatzen.

Prezipitatu bakar bat lortzeko pH-tartea hau izan behar da:

$$-0,3 < \text{pH} < 5,3$$

Bereizketa kuantitatiboa ze pH-tan gertatuko den jakiteko, ikus dezagun $\text{pH} = 5,3$ denean, zenbat Zn^{2+} geratzen den disoluzioan. Hasierako kantitatearen %0,1 baino gutxiago geratzen bada, bereizketa kuantitatiboa izango da.

$$\text{pH} = 5,3 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 4,7 \cdot 10^{-6} \Rightarrow [\text{S}^{2-}] = 4,6 \cdot 10^{-12} \text{ M}$$

Disoluzioan dagoen $[\text{Zn}^{2+}]$ determina daiteke, zeren disoluzioa ZnS -az saturatuta egongo baita:



Disoluzioan geratzen den $[\text{Zn}^{2+}]$ -a, $[\text{S}^{2-}] = 4,6 \cdot 10^{-12}$ denean, zera izango da:

$$[\text{Zn}^{2+}] = \frac{K_s(\text{ZnS})}{[\text{S}^{2-}]} = \frac{2,9 \cdot 10^{-25}}{4,6 \cdot 10^{-12}} = 6,3 \cdot 10^{-14} \text{ M}$$

Beraz,

$$\frac{6,3 \cdot 10^{-14}}{0,01} \cdot 100 = 6,3 \cdot 10^{-10}$$

Hasierako Zn^{2+} -kantitatearen % $6,3 \cdot 10^{-10}$ geratuko da.

$\text{pH} = 5,3$ denean; Mn^{2+} -a oraindik prezipitatzeko hasi ez denez, bereizketa kuantitatiboa izango da.

Bereizketa ze pH-tan hasiko den kuantitatibo izaten, nahikoa izango da determinatzea ze pH-tan geratzen den $[\text{Zn}^{2+}]$ -a hasierakoaren %0,1 baino txikiago den, hots, ze pH-tan $[\text{Zn}^{2+}] = 0,1/100 \cdot 0,01 = 10^{-5} \text{ M}$

$$[\text{Zn}^{2+}] < 10^{-5} \text{ izateko} \quad [\text{S}^{2-}] > \frac{K_s(\text{ZnS})}{[\text{Zn}^{2+}]} = \frac{2,9 \cdot 10^{-25}}{10^{-5}} = 2,9 \cdot 10^{-20} \text{ M}$$

$$[\text{S}^{2-}] > 2,9 \cdot 10^{-20} \text{ M izateko}, \quad [\text{H}_3\text{O}^+] < \left(\frac{10^{-22}}{[\text{S}^{2-}]} \right)^{1/2} = \left(\frac{10^{-22}}{2,9 \cdot 10^{-20}} \right)^{1/2}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] < 5,9 \cdot 10^{-2} \text{ izateko}, \quad \text{pH} > 1,2$$

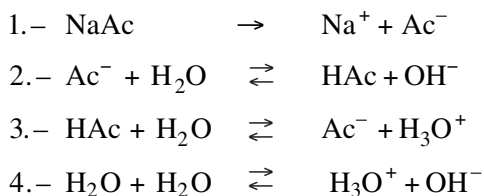
Beraz, $5,3 > \text{pH} > 1,2$ tartean, bereizketa kuantitatiboa izango da.

b.- *Eraitza*: ioi batek bakarrik prezipitatzeko, $(-0,3) < \text{pH} < 5,3$
 bereizketa kuantitatiboa izateko, $1,2 < \text{pH} < 5,3$

c.- Ze ioi prezipitatuko den jakiteko, $[\text{S}^{2-}]$ -a determinatu beharko da, eta $[\text{S}^{2-}]$ -a determinatzeko, $[\text{H}_3\text{O}^+]$ jakin behar da. Beraz, disoluzioan,

$$[\text{HAc}]_0 = 0,1 \text{ M} \quad [\text{NaAc}]_0 = 0,04 \text{ M}$$

Disoluzioaren $[\text{H}_3\text{O}^+]$ -a determinatu behar da. Azido-base bikote baten forma biak daude disoluzioan, HAc/Ac^- , beraz, $\text{pH} \approx \text{pK}_a(\text{HAc})$ eta $[\text{HAc}]_0 > [\text{Ac}^-]_0$ denez, $\text{pH} < \text{pK}_a(\text{HAc}) = 4,74$, eta gertatzen diren prozesuak, forma azidoaren erreakzioa bakarrik jarritz,



Ekuazio hauek idatz daitezke:

Erreakzio bakoitzari dagokion oreka-konstantea:

$K(2)$ ez da beharrezko, zeren $K(2) \cdot K(3) = 10^{-14}$ baita

$$K(3) = K_a(\text{HAc}) = \frac{[\text{Ac}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HAc}]}$$

$$K(3) = 10^{-14} = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$$

Masa-balantzeak:

$$\text{I.- } [\text{NaAc}]_0 = [\text{Na}^+]$$

$$\text{II.- } [\text{NaAc}]_0 + [\text{HAc}]_0 = [\text{HAc}] + [\text{Ac}^-]$$

Karga-balantzea:

$$\text{III.- } [\text{H}_3\text{O}^+] + [\text{Na}^+] = [\text{Ac}^-] + [\text{OH}^-]$$

Karga-balantzea kontzentrazio txikienetan dauden espezieen funtzioan dago, zeren $[\text{NaAc}]_0 < [\text{HAc}]_0$ baita.

Hurbilketak.

Hurbilketa bakarrak karga-balantzean egin ditzakegu, disoluzioari HAc eta Ac^- , forma basiko eta azidoa, botatzen dizkiogulako, $[\text{H}_3\text{O}^+]$ eta $[\text{OH}^-]$ txikiak direlarik. Beraz,

1. hurbilketa

$$[\text{H}_3\text{O}^+] \ll [\text{Na}^+] \rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] + [\text{Na}^+] \approx [\text{Na}^+]$$

2. hurbilketa

$$[\text{OH}^-] \ll [\text{Ac}^-] \rightarrow [\text{OH}^-] + [\text{Ac}^-] \approx [\text{Ac}^-]$$

Beraz, III. ekuazioa honela geratzen da

$$[\text{Na}^+] \approx [\text{Ac}^-]$$

Hurbilketa horiek eginez, geratzen diren ekuazioak hauek dira:

$$\begin{aligned} 1,8 \cdot 10^{-5} &= \frac{[\text{Ac}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HAc}]} & 0,04 &= [\text{Na}^+] \\ 10^{-14} &= [\text{OH}^-][\text{H}_3\text{O}^+] & 0,04 + 0,1 &= [\text{HAc}] + [\text{Ac}^-] \\ 0,04 &= [\text{Ac}^-] \end{aligned}$$

Orekako kontzentrazioak hauek dira:

$$\begin{aligned} [\text{H}_3\text{O}^+] &= 4,5 \cdot 10^{-5} \text{ M} & [\text{HAc}] &= 0,1 \text{ M} & [\text{Na}^+] &= 0,04 \text{ M} \\ [\text{OH}^-] &= 2,22 \cdot 10^{-10} \text{ M} & [\text{Ac}^-] &= 0,04 \text{ M} \end{aligned}$$

Egin diren hurbilketek eragiten duten errorea %5a baino txikiagoa dela egiaztatzen da. Beraz, disoluzioan,

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 4,5 \cdot 10^{-5}$$

$[\text{H}_3\text{O}^+]$ jakinda, disoluzioaren $[\text{S}^{2-}]$ determina daiteke, zeren $[\text{S}^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]^2 = 10^{-22}$ baita:

$$[\text{S}^{2-}] = \frac{10^{-22}}{[\text{H}_3\text{O}^+]^2} = \frac{10^{-22}}{(4,5 \cdot 10^{-5})^2} = 4,94 \cdot 10^{-14} \text{ M}$$

Ikusten denez, MnS -a ez da hasi prezipitatzen, zeren MnS -a prezipitatzeko $[\text{S}^{2-}] > 4,6 \cdot 10^{-12} \text{ M}$, eta Zn^{2+} -ak prezipitatu du. Disoluzioan geratzen den Zn^{2+} -aren kantitatea, bere disolbagarritasun-konstanteak emango du:

$$[\text{Zn}^{2+}] \text{ disoluzioan} = \frac{K_s(\text{ZnS})}{[\text{S}^{2-}]} = \frac{2,9 \cdot 10^{-25}}{4,94 \cdot 10^{-14}} = 5,9 \cdot 10^{-12} \text{ M geratzen da}$$

Disoluzioan geratzen den Zn^{2+} -kantitatea, ehunekobestetan:

$$\frac{5,9 \cdot 10^{-12}}{0,01} \cdot 100 = \%5,9 \cdot 10^{-8}$$

c.- *Emaitza:* Zn^{2+} ; $\%5,9 \cdot 10^{-8}$ disoluzioan

XI.B.4.- Sodio klorurozko ur-disoluzio baten dentsitatea $1,008 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ da, eta $1,195 \text{ g}$ sodio kloruro, 100 g uretan disolbatuz lortzen da. Determinatu

- Disoluzioaren molaritatea.
- Zilar nitratoan 10^{-5} M den disoluzio baten bolumena, hasierako disoluzioan (5 litroko matraze batean urez parekatu ondoren) dagoen kloruroa, zilar kloruro bezala prezipitatzen hasteko.

Datuak: $K_s(\text{Ag Cl}) = 1,8 \cdot 10^{-10}$

Ebazpena

a.- Disoluzioaren molaritatea hau izango da:

$$M = \frac{\text{Solutuaren mol kopurua}}{\text{litro - disoluzio}}$$

$$\text{Solutuaren mol kopurua} = \frac{1,195 \text{ g NaCl}}{58,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 2,04 \cdot 10^{-2} \text{ mol NaCl}$$

$$\text{Litra - disoluzio} = \frac{100 \text{ g H}_2\text{O} + 1,195 \text{ g NaCl}}{1,008 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}} \cdot 10^{-3} \text{ l} \cdot \text{cm}^{-3} = 0,10041$$

$$\text{beraz, } M = \frac{2,04 \cdot 10^{-2} \text{ mol NaCl}}{0,10041 \text{ disoluzio}} = 0,2035 \text{ M}$$

a.- *Emaitza:* Molaritatea: $0,2035 \text{ M}$

- b.- AgCl prezipitatua eratzeko, $[Ag^+]$ -aren eta $[Cl^-]$ -aren kontzentrazioek, disoluzioan, beren disolbagarritasun-biderkadurak adierazten duena baino handiago izan behar dute. Orekan,



eta prezipitatuta agertzeko,

$$K_s(AgCl) < [Ag^+] \cdot [Cl^-]$$

eta $[Cl^-] = [NaCl]$ izango da, eta hasierako disoluzioan 5 l-raino diluitu denez, $AgNO_3$ -aren disoluziotik gehitzen den bolumena V izanez,

$$[NaCl] = [Cl^-] = \frac{2,04 \cdot 10^{-2} \text{ mol}}{5 \text{ l} + V \text{ l}}$$

eta Ag^+ -aren kontzentrazioa, $AgNO_3$ -arena izango da:

$$[AgNO_3] = [Ag^+] = \frac{10^{-5} M \cdot V \text{ l}}{5 \text{ l} + V \text{ l}}$$

Ordezkatuz,

$$1,8 \cdot 10^{-10} < \left(\frac{2,04 \cdot 10^{-2}}{5 \text{ l} + V \text{ l}} \right) \cdot \left(\frac{10^{-5} V}{5 \text{ l} + V \text{ l}} \right)$$

2. ordenako ekuazioa da. Emaitzak, $1,12 \cdot 10^3$ eta $2,22 \cdot 10^{-2}$ dira. Lehena ezinezkoa da, beraz $V > 2,22 \cdot 10^{-2} \text{ l}$ $AgNO_3$ $10^{-5} M$ gehitu behar dira, kloruroa AgCl gisan prezipitatzeko.

b.- *Emaitza*: $V > 22,2 \text{ cm}^3$

XI.B.5.- Zer gertatuko da 0,01 mol zilar kloruro dauzkan 0,5 l-ko disoluzioari, 5 g sodio zianuro gehitzen bazaizkio?

Datuak: $K_s(AgCl) = 1,8 \cdot 10^{-10}$ $K_d[Ag(CN)_2]^- = 10^{-21}$

0,01 mol AgCl, 0,5 litroko disoluzio batean badaude, AgCl-a prezipitatuta egongo da, zeren $[Ag^+][Cl^-] > K_s (AgCl)$ izango baita. NaCN-a botatzerakoan, behintzat partzialki disolbatu egingo da, zeren Ag^+ -ak CN^- -arekin konplexua formatuko baitu. Seguraski AgCl-a disolbatuko da, zeren $K_s(AgCl) \gg K_{dis}[Ag(CN)_2^-]$ baita.

Kuantitatiboki egiaztatzeko, NaCN-aren eta AgCl-aren molak eta kontzentrazioak hauek izango dira:

$$n_{NaCN} = 5 \text{ g} / 49 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,102 \text{ mol} \quad [NaCN]_0 = \frac{0,102 \text{ mol}}{0,5 \text{ l}} = 0,204 \text{ M}$$

$$n_{AgCl} = 0,01 \text{ mol} \quad [AgCl]_0 = 0,01 \text{ mol} / 0,5 \text{ l} = 0,02 \text{ M}$$

Dena disolbatuko den ala ez jakiteko, konplexua eratu ondoren, $[Ag^+]$ -a eta $[Cl^-]$ -a determinatu behar dira. Suposatuz AgCl guztia disolbatu egin dela eta CN^- -aren basikotasunaz sortzen diren espezieak arbuizatu, gertatzen diren prozesuak hauek dira:



1.a eta 2.a, gutzen disoziazio osoak dira, eta 3.a, Ag^+ -aren eta CN^- -aren arteko konplexuaren eraketa da. Eta planteatzen daitezkeen ekuazioak hauek dira:

- Erreakzioei dagozkien oreka-konstanteak

$$K(3) = \frac{1}{K_{dis}(\text{Ag(CN)}_2^-)} = 10^{21} = \frac{[\text{Ag(CN)}_2^-]}{[\text{Ag}^+][\text{CN}^-]^2}$$

- Masa-balantzeak:

$$\text{I.- Na: } [NaCN]_0 = [Na^+]$$

$$\text{II.- Cl: } [AgCl]_0 = [Cl^-]$$

$$\text{III.- Ag: } [AgCl]_0 = [Ag^+] + [Ag(CN)_2^-]$$

$$\text{IV.- CN: } [NaCN]_0 = [CN^-] + 2[Ag(CN)_2^-]$$

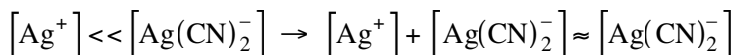
- Karga-balantzea:

$$[Ag^+] + [Na^+] = [CN^-] + [Ag(CN)_2^-] + [Cl^-]$$

eta kontzentrazio handitan agertzen diren espezieak ordezkatu beharko lirateke. Baina karga-balantzea ez da beharrezkoa problemaren ebazpena egiteko.

Eta masa-balantzean hurbilketa hauek egin daitezke:

III. M.-B.an, Ag^+ -aren kontzentrazioa, $\text{Ag}(\text{CN})_2^-$ -arenarekin konparatuz, txikia izango da, zeren 3. ekuazioaren oreka-konstantea oso handia baita, AgCl -aren hasierako kontzentrazioarekin konparatuz. Horrela,



eta

IV. M.-B.-an, CN^- -aren kontzentrazioa arbuigarria izan daiteke, baina gehienetan estekatzaila gisan dagoen substantzia soberakinean egoten da, beraz, ez da arbuiatuko. Honela, geratzen diren ekuazioak hauek dira:

$$10^{21} = \frac{[\text{Ag}(\text{CN})_2^-]}{[\text{Ag}^+] \cdot [\text{CN}^-]^2}$$

$$0,204 = [\text{Na}^+]$$

$$0,02 = [\text{Cl}^-]$$

$$0,02 = [\text{Ag}(\text{CN})_2^-]$$

$$0,204 = [\text{CN}^-] + 2[\text{Ag}(\text{CN})_2^-]$$

eta ebazpena eginez, espezie guztien kontzentrazioak hauek dira:

$$[\text{CN}^-] = 0,164 \text{ M} \quad [\text{Ag}(\text{CN})_2^-] = 0,02 \text{ M} \quad [\text{Na}^+] = 0,204 \text{ M}$$

$$[\text{Cl}^-] = 0,02 \text{ M} \quad [\text{Ag}^+] = 7,436 \cdot 10^{-22} \text{ M}$$

Egin den hurbilketaren errorea %5a baino txikiago da, zeren

$$\frac{5}{100} \cdot [\text{Ag}(\text{CN})_2^-] \gg [\text{Ag}^+] \quad \text{baita}$$

$$\frac{5}{100} \cdot 0,02 \gg 7,436 \cdot 10^{-22}$$

beraz, egokia da.

Eta bukaeran,

$$[\text{Ag}^+] = 7,436 \cdot 10^{-22} \text{ M} \quad [\text{Cl}^-] = 0,02 \text{ M}$$

$$\text{eta} \quad [\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-] = 1,49 \cdot 10^{-23} < K_s (\text{AgCl}) = 1,8 \cdot 10^{-10}$$

Beraz, AgCl guztia disolbatuta egongo da.

c.- *Eraitza*: AgCl guztia disolbatuta egongo da.

C.- PROBLEMAK

XI.C.1.-Zenbat gramo berun(II) sulfato disolbatuko dira ondoko disoluzioen 1 litrotan:

- a.- Uretan.
- b.- Berun nitrato, 0,1 M.
- c.- Sodio sulfato, 0,1 M.
- d.- Sodio nitrato, 0,1 M.

$$\text{Datuak: } K_s (\text{PbSO}_4) = 1,9 \cdot 10^{-8}$$

XI.C.2.- Zn^{2+} , Mn^{2+} eta Bi^{3+} -ioien disoluzio bat, bakoitzean, 10^{-2} M da, eta azido sulfhidrikoz saturatzen da. Azido sulfhidrikoaren disoziazio-orekaren ekuazioa, disoluzio saturatutan, $[\text{S}^{2-}] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]^2 = 10^{-22}$ dela kontutan harturik,

- a.- Zein da hiru ioien prezipitazio-ordena?
- b.- Adierazi bat edo gehiago prezipitatzeko pH-tarteak.
- c.- Ioietatik bat ere ez prezipitatzeko pH-tarterik ba al dago?
- d.- Hiru ioi hauek kuantitatiboki bereiz daitezke?
- e.- Ze pH-tartetan lortzen da bereizketa kuantitatiboa?

$$\begin{aligned} \text{Datuak: } K_s (\text{ZnS}) &= 2,9 \cdot 10^{-25} ; K_s (\text{MnS}) = 4,6 \cdot 10^{-14} \\ K_s (\text{Bi}_2\text{S}_3) &= 1,8 \cdot 10^{-99} \end{aligned}$$

XI.C.3.-Berun nitratotan 0,1 M den 1 ml, estrontzio kromatotan saturatua den 100 ml-ko disoluzio bati gehitzen zaio. Zenbat miligramo berun kromato prezipitatuko dira?

$$\text{Datuak: } K_s (\text{SrCrO}_4) = 3,6 \cdot 10^{-5}; \quad K_s (\text{PbCrO}_4) = 2 \cdot 10^{-14}$$

XI.C.4.-Zenbat gramo amonio kloruro gehitu behar zaizkio amoniakotan 0,6 M den 500 ml-ko disoluzio bati, zeinak 3 g magnesio nitrato baititu, magnesio hidroxidorik ez prezipitatzeko?

$$\text{Datuak: } K_s(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 5,6 \cdot 10^{-12}; \quad K_b(\text{NH}_3) = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

XI.C.5.-Magnesio hidroxidoaren K_s -a, 25°C -tan, $5,6 \cdot 10^{-12}$ dela jakinik, determinatu amonio klorurotan 2 M den 1 l-ko disoluzio batean 0,1 mol Mg^{2+} disolbatuko diren ala ez.

XI.C.6.-Berun iodatoa gatz disolbagaitza da, bere K_s -a, $3,7 \cdot 10^{-13}$ izanik. Berun nitratotan 0,150 M den 35 ml-ko disoluzioari potasio iodatotan 0,8 M den 15 ml disoluzio gehitzen zaizkio, berun iodatozko prezipitatu bat lortuz.

Determinatu $[\text{Pb}^{2+}]$ eta $[\text{IO}_3^-]$ disoluzioan.

XI.C.7.- Al^{3+} -tan 0,1 M diren 10 ml, amonio klorurotan 6 M diren 20 ml eta amoniakotan 6 M diren 5 ml, 45 ml urekin nahasten dira. Determinatu Al^{3+} -aren kontzentrazioa disoluzioan.

$$\text{Datuak: } K_b(\text{NH}_3) = 1,8 \cdot 10^{-5}; \quad K_s(\text{Al}(\text{OH})_3) = 1,0 \cdot 10^{-33}$$

$$K_{\text{egonk}}(\text{Al}(\text{OH})_4^-) = 2 \cdot 10^{33}$$

XI.C.8.-50 ml-ko disoluzio bati 1 g zilar nitrato gehitzen zaio, disoluzioa azido azetikotan 0,05 M izanik. Prezipitaturik agertuko al da?

$$\text{Datuak: } K_a(\text{HAc}) = 1,8 \cdot 10^{-5} \quad K_s(\text{AgAc}) = 2 \cdot 10^{-3}$$

XI.C.9.- 18°C -tan eta 1 atm-tan, azido sulfhidrikoaren disoluzio saturatu batean ekuazio hau betetzen da:

$$[\text{S}^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]^2 = 1,3 \cdot 10^{-22}$$

Determinatu

a.- $[\text{S}^{2-}]$ -a ondoko kasuetan:

- 1.- 100 ml-ko disoluzio batean, zeinak %40ko purutasuneko 1 ml azido klorhidriko ($d = 1,20 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$) baitu.
- 2.- 1 l-ko disoluzio batean, zeinak azido azetikoazko eta sodio azetatozko kontzentrazio berdinak baititu.

b.- a.1 eta a.2 kasuetan, zink sulfuroak osorik prezipitatuko duen ala ez. Suposatu hasierako $[\text{Zn}^{2+}] = 0,1 \text{ M}$ dela.

$$\text{Datuak: } K_a(\text{HAc}) = 1,8 \cdot 10^{-5}; \quad K_s(\text{ZnS}) = 2,9 \cdot 10^{-25}$$

XI.C.10.- Determinatu zenbat amonio kloruro behar den ondoko disoluzioan magnesio hidroxidurik ez prezipitatzeko: 1 litro disoluziotan, 0,01 mol amoniako eta 0,001 mol Mg^{2+} daude.

$$\text{Datuak: } K_b(\text{NH}_3) = 1,8 \cdot 10^{-5} ; K_s(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 5,6 \cdot 10^{-12}$$

XI.C.11.- Determinatu zein izan daitekeen Fe^{3+} -aren kontzentrazio maximoa, honela osotuta dagoen disoluzio batean: 0,1 M amoniakotan eta 0,2 M amonio klorurotan.

$$\text{Datuak: } K_b(\text{NH}_3) = 1,8 \cdot 10^{-5} ; K_s(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 2,6 \cdot 10^{-39}$$

XI.C.12.- Disoluzio bat honela prestatzen da: 0,01 mol Mg^{2+} , 0,10 mol amoniako eta 1,0 amonio kloruro uretan disolbatzen dira, disoluzioaren bolumena 1 litro izan arte. Prezipitaturik agertuko al da?

$$\text{Datuak: } K_s(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 5,6 \cdot 10^{-12}; K_b(\text{NH}_3) = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

XI.C.13.- 9,38 g nitrato kupriko, 500 ml uretan disolbatzen dira. Disoluzio horren 100 cm^3 -ri, 10^{-2} mol sodio hidroxido gehitzen bazaizkie, kalkulatu prezipitatzen duen ioi kuprikoaren ehunekobeste.

$$\text{Datua: } K_s(\text{Cu}(\text{OH})_2) = 2,2 \cdot 10^{-20}$$

XI.C.14.- Disoluzio batera, bertan 0,16 mol Pb^{2+} litroko egonik, Cl^- -a botatzen da, Cl^- -tan 0,1 M izan arte; momentu horretan, Pb^{2+} -aren %99a prezipitatzen da. Determinatu berun kloruroaren K_s -a.

XI.C.15.- Disoluzio bat honela osotuta dago: $[\text{Fe}^{2+}] = 10^{-3}$ M eta $[\text{HAc}] = 0,1$ M

- a.- Zein izan behar du amonio azetatoaren kontzentrazioak burdina(II) sulfurozko prezipitatuta agertzeko, disoluzioa azido sulfhidrikoz saturatzen bada? ($[\text{H}_2\text{S}] = 0,1$ M).
- b.- Zein izan behar du amonio azetatoaren kontzentrazioa Fe^{2+} guztia prezipitatzeko?

$$\begin{array}{ll} \text{Datuak:} & K_s(\text{FeS}) = 1,6 \cdot 10^{-19}; \quad K_a(\text{HAc}) = 1,8 \cdot 10^{-5}; \\ & K_a(\text{H}_2\text{S}) = 10^{-7}; \quad K_a(\text{HS}^-) = 10^{-14} \end{array}$$

XI.C.16.- Disoluzio batek ioi Cl^- -ak eta ioi CrO_4^{2-} -ak ditu, bien kontzentrazioak 0,050 M izanik. Disoluzioari zilar nitratozko disoluzio bat poliki poliki botatzen diogu. Determinatu

- a.- Zeinek prezipitatuko duen lehenago, zilar kloruroak ala zilar kromatoak?
- b.- Zilar kloruroa eta zilar kromatoa elkarrekin prezipitatzen hasten direnean, zeintzuk dira Cl^- -aren eta Ag^+ -aren kontzentrazioak?

$$\text{Datuak: } K_s(\text{AgCl}) = 1,8 \cdot 10^{-10} \quad K_s(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = 1,1 \cdot 10^{-12}$$

XI.C.17.- A^{+} -tan 10^{-2} M; B^{+2} -tan $5 \cdot 10^{-3}$ M eta C^{+3} -tan 10^{-3} M den disoluzio batera, X^- (s) gatz bat botatzen da, AX ($K_s = 10^{-11}$), BX_2 ($K_s = 10^{-12}$) eta CX_3 ($K_s = 10^{-20}$), direlako konposatuak formatzen direlarik. Determinatu

- a.- Zein izango den lehendabizi prezipitatzen hasten den ioia, eta zein bigarren.
- b.- Zeintzuk izango diren ioien kontzentrazioak, azken ioia prezipitatzen hasten denean.
- c.- X^- (s) gatzaren bidez, egin al daiteke ioien bereizketa kuantitatiboa?

XI.C.18.- Determinatu zenbat zilar nitrato disolba daitekeen (1 l-tan), honela osotuta dagoen disoluzio batean: 1 M amoniakotan eta 10^{-3} M potasio iodurotan.

$$\text{Datuak: } K_s(\text{AgI}) = 8,5 \cdot 10^{-17}; \quad K_{\text{dis}}(\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+) = 5,9 \cdot 10^{-8}$$

XI.C.19.- Ze amoniako-kantitate gehitu behar da zilar kloruroaren prezipitatzea ekiditeko (ebitatzeko), baldin zilar kloruro hori, zilar nitratotan 0,01 M den disoluzio bati 0,001 mol potasio kloruro litroko gehitzen zaionean formatzen bada?

$$\text{Datuak: } K_s(\text{AgCl}) = 1,8 \cdot 10^{-10}; \quad K_{\text{egonk}}(\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+) = 1,7 \cdot 10^7$$

XI.C.20.- Zilar bromuroa eta zilar ioduroa substantzia disolbagaitzak dira, baina CN^- -tan, behintzat partzialki, disolbatzen dira. Determinatu, zenbat gramo sodio zianuro behar diren 1 l-ko disoluzio batean prezipitaturik ez eratzeko:

- a.- Disoluzioa zilar nitratotan 10^{-2} M eta potasio bromurotan 10^{-1} M izanik
 b.- Disoluzioa zilar nitratotan 10^{-3} M eta potasio iodurotan 10^{-2} M izanik.

$$\text{Datuak: } pK_s(\text{AgBr}) = 12,3; \quad pK_{\text{dis}}(\text{Ag}(\text{CN})_2^-) = 21; \quad pK_s(\text{AgI}) = 16,1$$

XI.C.21.- 33,1 g berun nitrato, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, uretan disolbatuz, disoluzio bat prestatzen da, gero disoluzioa 1,00 litroraino eramaten da, ura gehituz. Disoluzio horretatik, 100 ml-ko hiru parte hartzen dira, eta bakoitzari sodio sulfatoa gehitzen zaio, ondoko kantitateetan:

- a.- $5,0 \cdot 10^{-3}$ mol
 b.- $1,0 \cdot 10^{-2}$ mol

Nahastura bakoitzarentzako, $[\text{Pb}^{2+}]$ -a eta $[\text{SO}_4^{2-}]$ -a kalkulatu, eta prezipitatu ez duen berunaren portzentaia. Suposatu sodio sulfatoaren gehiketak ez duela bolumen-aldaketa garrantzitsurik erakarri.

$$\text{Datua: } K_s(\text{PbSO}_4) = 1,8 \cdot 10^{-8}$$

XI.C.22.- Zn^{2+} eta Ni^{2+} ioietan 10^{-2} M den disoluzio bati potasio zianuro gehitzen zaio $[\text{CN}^-] = 1,0$ M izan arte, eta baita ere azido sulfhidriko nahikoa $[\text{S}^{2-}] = 0,5$ M-etan konstante mantentzeko.

- a.- Nikel sulfuroaren eta zink sulfuroaren prezipitaturik agertuko al da?
 b.- Zeintzuk izango dira Ni^{2+} - eta Zn^{2+} -aren kontzentrazioak orekan?
 c.- Zeintzuk izango dira prezipitatu gabe geratzen diren Ni^{2+} - eta Zn^{2+} -aren kantitateak?

$$\text{Datuak: } K_s(\text{NiS}) = 1,1 \cdot 10^{-21}; \quad K_s(\text{ZnS}) = 2,9 \cdot 10^{-25};$$

$$K_{\text{dis}}(\text{Ni}(\text{CN})_4^{2-}) = 1,0 \cdot 10^{-31}; \quad K_{\text{dis}}(\text{Zn}(\text{CN})_4^{2-}) = 1,0 \cdot 10^{-18}$$

XI.C.23.- Disoluzio bat, ondoko biak nahastuz prestatzen da, bata %40ko purutasuneko eta $1,19 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ -ko dentsitateko 1,92 ml HCl, eta bestea, 21,5 g sodio zianuro 500 cm^3 -ko matraze batean disolbatuz prestatu izan den disoluzio batetiko 50 ml. Gero, ur distilatua gehitzen da, 250 ml-ko bolumena osatu arte.

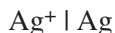
- a.- Lortzen den disoluzioaren pH-a kalkulatu.
- b.- Zein izan daiteke Fe^{3+} -aren kontzentrazio maximoa disoluzioan?

Datuak: $K_s(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 2,6 \cdot 10^{-39}$; $K_a(\text{HCN}) = 4,9 \cdot 10^{-10}$

XII. Oxidazio-erredukzio oreka

A.- GALDERAK

XII.A.1.- Elektrodo bi hauek emanik,



- a.- Baldintza standardetan osa daitekeen pila galvanikoa idatzi, esanez
 - 1.- Zein den anodoa eta zein katodoa.
 - 2.- Pila gertatzen diren erreakzioak.
- b.- Pila galvaniko honi 0,800 V-ko voltaia emanez, esan, arrazonatuz
 - 1.- Gertatzen diren erreakzioak.
 - 2.- Zein den polo positiboa eta zein polo negatiboa.
 - 3.- Ze direktiotan zirkulatzen duten elektroiek.

XII.A.2.- Ondoko pilaren potentziala neurtuz, positiboa dela aurkitzen da,



Azaldu, arrazonatuz,

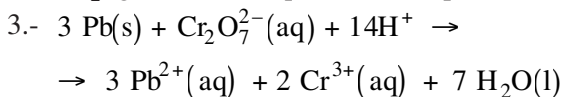
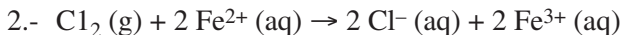
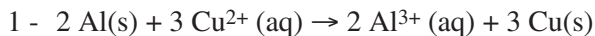
- a.- Zein izango den elektrodo bakoitzean gertatzen den erreakzioa, eta zein erreakzio totala.
- b.- Zer esan daitekeen erreakzio totalaren propietate termodinamikoei buruz.
- c.- Zein den amonio nitrato delakoaren funtzioa pila. Beronen orde, burdina(III) nitratoa jar daiteke? Zergatik?
- d.- Erreakzio totalaren abiadura-konstanteak (k , k_{-1}) ezagutuz, erreakzio elementala ala konplexua den determina daiteke?

XII.A.3.- Ondoko erreakzioak gertatzen direneko pila galvanikoak idatzi, kasu bakoitzean zera adieraziz,

- a.- Zein den agertzen den erreakzioa erdielementu anodikoan eta zein katodikoan.
- b.- Zein den oxidatzailea eta zein erreduzitzailea.

c.- Zein den polo positiboa eta zein negatiboa.

d.- Zein den erreakzio bakoitzaren ΔG° .



XII.A.4.- Ondoko pilak emanik



a.- Esan zeintzuk diren posible eta zergatik.

b.- Posible diren kasuetan, elektrodo bakoitzean eta pila osoan gertatzen diren erreakzioak idatzi.

c.- Datu termodinamikoak ezagutu gabe, pila bakoitzean gertatzen den erreakzioaren espontaneitatea determinatzea posible al da? Nola? Arrazonatu.

XII.A.5.- Ondoko prozesua 25°C -tan eta 1 atm-tan gertatzen da, beraren $\Delta S = 5 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ delarik.



a.- Prozesu hau, erredox prozesu bat al da? Zergatik?

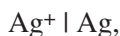
b.- Honela bada, ahalik eta zehazkien, erreakzio honetan oinarrituz lan elektriko bat lortzeko eskema baten irudia egin. Halaber, parte guztietan gertatzen diren prozesuak eta erreakzioak ohartarazi.

c.- Erreakzioan parte hartzen duten erreaktibo guztiak egoera standardean aurkitzen badira, ze elektrodoak edukiko du potentzial altuena?

d.- Ezagutzen dituzun datuekin, esan dezakezu erreakzioa endotermiko ala exotermiko izango den? Arrazonatu.

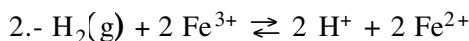
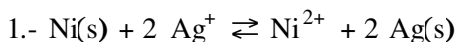
e.- Laborategian, elektrodo bietatik bat bakarrik badaukagu, lan elektrikoa lortzeko pila bat diseinatu ahal duzu?

XII.A.6.- Ondoko elektrodoak emanik,

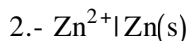
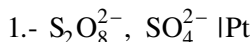


- a.- Zein da oxidatzaile sendoena? Eta erreduzitzaile sendoena?
- b.- Zilarra, halogeno baten bidez oxida daiteke?
- c.- Demagun pila bat honela osatzen dela: Zilar-elektrodo batekin eta kloro-elektrodo batekin, biak beraien ioietan 1 M diren disoluzioetan sarturik. Honela osa daitekeen pilak nola funtzionatuko du? Gertatzen den erreakzioaren zentzua, pilaren potentziala eta anodo gisan funtzionatzen duen elektrodoa adierazi. Zein da elektrodo positiboa?
- d.- c.- ataleko gatz-zubia prestazeko, ondoko substantzietatik zein erabiliko zenuke: amonio kloruroa, amonio nitratoa, potasio kloruroa.

XII.A.7.- a.- Ondoko erreakzioak gertatzen direneko pilak diseinatu, gatz-zubia jarritz. Kasu bakoitzean, anodoa, katodoa eta korrontearen zentzua adierazi.



- b.- Ondoko bi elektrodoetatik, baldintza standardetan, zein erabili beharko litzateke pila batean MnO_4^- , Mn^{2+} , H^+ |Pt elektrodoa anodoa izan dadin, disoluzioaren pH-a 3 bada?



XII.A.8.- Laborategian, produktu hauek eta aparatu hauek ditugu,

kobre(II) nitrato	prezipitatu-ontziak
ur distilatua	saio-hodiak
zilar nitratoa	Bunsen metxeroa
amonio nitratoa	beirazko tutuak
kobrezko ziri bat	kobre-alanbrea
zilarrezko ziri bat	bonbila bat
beira-artilea	

- a.- Gauza guztiokin, argirik lor dezakezu?
- b.- Egindako muntaia eta prozesua sakonki azaldu.
- c.- Aurreko pila, zelula elektrolitiko bihurtu nahi bada, ze aldaketa egin behar da, eta ze materialekin?

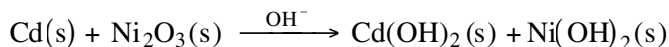
XII.A.9.- Glukosaren, ($C_6H_{12}O_6$), oxidazioak, CO_2 eta H_2O emateko, bi oxidazio-erredukziozko erdierreakzioen gehiketa moduan kontsidera daiteke,



Glukosaren, CO_2 -tik eta H_2O -tik formazio-erreakzioak –hau da, glukosaren oxidazio-erreakzioaren alderantzizkoa–, $\Delta G^\circ = 2867,5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ daukala jakinik,

- a.- Goiko bi erdierreakzioak doitu eta glukosaren oxidazio-erreakzio globala idatzi.
- b.- Goiko erdierreakzioekin pila bat era daiteke? Baiezkoan, pilaren eskema idatzi, eta azpiko galderei erantzun:
 - 1.- Zein izango da anodoa eta zein katodoa?
 - 2.- Zein izango da pilaren potentzial normala?
 - 3.- II. erdierreakzioa gertatzen deneko erdipilaren potentzial normala determinatu.

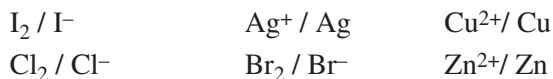
XII.A.10.- Nikel-kadmio pilan gertatzen den erreakzioa hau da,



lortzen den potentziala 1,3 V-koa da.

- a.- Pila idatzi.
- b.- Pilaren parte guztietan gertatzen diren prozesuak eta erreakzioak idatzi, eta erreakzio totala doitu.
- c.- Zer esan daiteke erreakzioaren oreka-konstanteari buruz? Ze modu desberdin daude determinatzeko?

XII.A.11.- Ondoko oxidazio-erredukziozko bikoteei dagozkien erdipilak osatzeko beharrezko den guztia eskuragarri da:



- a.- Zein da oxidatzaile sendoena? Eta erreduktore sendoena?
- b.- Erdipila horiek erabiliz, zelula galvanikoak osatzeko posible diren konbinazio posible desberdin guztietatik, zeintzuk izango lirateke potentzial normal handien daukaten laurak? Hauek eskematikoki

errepresentatu, erabiliko zenukeen gatz-zubia adieraziz, eta kasu bakoitzean gertatzen diren erreakzioak idatziz.

- c.- Posible diren zelula galvaniko guztietatik, zein edo zeintzuk erabili ahal izango lirатеke goilaratxo bat zilarreraztatzeko? Zeinek emango luke etekin handiena zilarreztapenean?
- d.- Zer egin beharko litzateke b ataleko lau pilek zelula elektrolitiko bezala lan egin dezaten? Zeintzuk izango lirатеke erreakzioak kasu honetan?

XII.A.12.- Laborategi batean, zelula galvaniko bat muntatzeko beharrezko diren elementu fisikoez gain (beira-hodiak, prezipitatu-ontziak, eta abar), zilarrezko ziri luze bat, zilar nitrato (s), amonio nitrato (s), azido klorhidriko eta ur distilatua dauzkagu.

- a.- Elementu horiekin, elektrizitate-kantitate maximoa lortu nahi da. Zer egin beharko litzateke hori egiteko? Nola konbinatu beharko lirатеke elementu desberdinak? Ze metodo erabili behar dira hura neurtzeko?
- b.- Dauzkazun elementu horiekin, posible al da zilar kloruroaren disolbagarritasun-konstantea determinatzea?
 - 1.- Erantzuna ezezkoa bada, adierazi ze elementu gehiago erabiliko zenituzkeen.
 - 2.- Erantzuna baiezkoa bada, adierazi nola egingo zenukeen beraren kalkulua.

XII.A.13.- Ondoko baieztapenak kritikatu

- a.- Erreakzio kimiko bat, zelula galvaniko batean erabiltzeko, sistema kimikoaren entropian handiagotze bat egon behar da.
- b.- Objektu baten gainean kromoa ezartzeko, beharrezkoa da objektu hori, Cr^{3+} (aq) delakoaren disoluzio kontzentratu batean anodoa izatea.
- c.- Elektrodo batean gertatzen den erdierreakzioa faktore batez biderkatzen bada, elektrodo horren potentzial standarda ere modu berdinean aldatuko da.

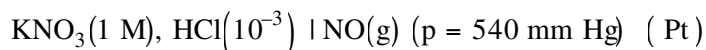
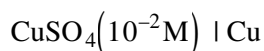
XII.A.14.- Ondoko pila galvanikoa eraikitzen da, elektrodo biak egoera standar-dean egonik,



Korronte elektrikoa aske pasatzen uzten da, elektrodo bien arteko potentzial-diferentzia zero izan arte.

- a.- Nola determina daitezke eta ze faktorek determinatzen ditu
 - 1.- Zelula galvanikoak ematen duen elektrizitate-kantitatea?
 - 2.- Bukaerako kontzentrazioak?
- b.- Nola aldatuko litzateke elektrodo baten potentzial standarda, bertan gertatzen den erdierrakzioa 2z biderkatzen denean?

XII.A.15.- Pila galvaniko bat ondoko bi elektrodoez osotuta dago:



- a.- Pilaren eskema irudikatu, gatz-zubia prestatzeko erabili den konposatua adieraziz.
- b.- Pila osotzen duten elektrodoetan parte hartzen duten substantzien baldintzak (kontzentrazioa, presioa) aldatuz, alanbre bat kobrez estal daiteke?
- c.- Pilari, a ataleko baldintzetan aurkitzen denean, eta elektrodo bien artean, 0,6 V-ko korrontea ematen duen bateria bat jartzen zaio. Honela posible al da kobre metala lortzea?

B.- PROBLEMA EBATZIAK

XII.B.1.- Kasu guztietan kontzentrazioak 1 M direla suposatuz determinatu:

- a.- Al^{3+} -aren bidez, Fe^{2+} -a, Fe^{3+} -ra oxida daitekeen ala ez.
- b.- I^- -a oxida daitekeen ala ez Fe^{3+} -a erabiliz
- c.- $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ioiaren bidez, Fe^{2+} -a Fe^{3+} -ra oxida daitekeen ala ez.

Ebazpena:

- a.- Aluminioak, Fe^{2+} -a, Fe^{3+} -ra oxidatzeko, Fe^{3+} -ak erreduzitzeko duen ahalmena baino ahalmen handiago eduki behar du; horretarako, bere erredukzio-potentzialak $\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{2+}$ bikotearena baino handiago izan behar du.

Tauletan begiratzuz, $\text{Al}^{3+} / \text{Al}$ bikotearen erredukzio-potentzial normala $-1,662$ volta-koa da, eta $\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{2+}$ -arena, $0,771$ volta-koa, beraz, Fe^{3+} -ak, Al^{3+} -ak baino ahalmen gehiago dauka erreduzitzeko; ondorioz, Al^{3+} -a erabiliz, ezin da Fe^{2+} -a, Fe^{3+} -ra oxidatu.

a.- *Emaitza:* ezin da.

- b.- Berdin, I^- -a oxidatzeko Fe^{3+} -aren bidez, $\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{2+}$ bikotearen erredukzio-potentzialak, I_2 / I^- bikotearena baino handiago izan behar du. Tauletan begiratzuz, $\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{2+}$ bikotearen $E^\circ = 0,771$ V da, eta I_2 / I^- bikotearena, $E^\circ = 0,5355$ V. Beraz, Fe^{3+} -a, Fe^{2+} -ra erreduzitzen bada, posible da I^- -a I_2 -ra oxidatzea.

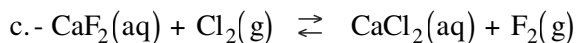
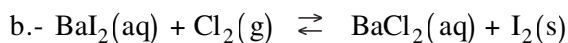
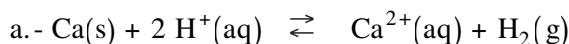
b.- *Emaitza:* bai, oxida daiteke.

- c.- Tauletan begiratzuz, $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, H^+ , $\text{Cr}^{3+} \mid \text{Pt}$ $E^\circ = 1,333$ V eta,
 Fe^{3+} , $\text{Fe}^{2+} \mid \text{Pt}$ $E^\circ = 0,771$ V

Beraz, $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ -ak ahalmen gehiago dauka Cr^{3+} -ra erreduzitzeko, eta beraz, $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ -ak Fe^{2+} -a oxidatuko du Fe^{3+} -ra pasaráriz.

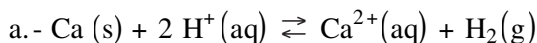
c.- *Emaitza:* bai, oxida daiteke.

XII.B.2.- Esan ondoko erreakzioak espontaneoak diren ala ez, eta pila espontanea idatzi, potentzial normala determinatuz.



Ebazpena:

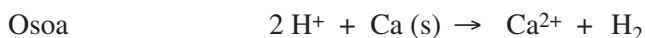
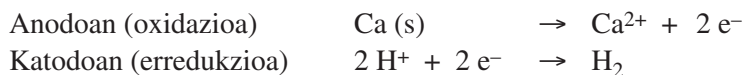
Erreakzioak espontaneoak izateko $\Delta G < 0$ erlazioa bete behar da, edo eta osotzen den pilaren potentzialaren $E > 0$. Ikus dezagun, bada, osotzen diren pilen potentzialak zero baino handiago diren ala ez.



Erreakzio hau espontanea izateko, H^+ / H_2 bikotearen erredukzio-potentzialak, $\text{Ca}^{2+} / \text{Ca}$ bikotearena baino handiago izan behar du. Tauletan begiratuz, zera ikus dezakegu,



Beraz, H^+ -aren erreduzitzeko ahalmena, Ca^{2+} -arena baino handiagoa da, eta erreakzioa espontanea da. Pila gertatzen diren erreakzioak hauek izan dira:



Beraz, pila hau da,



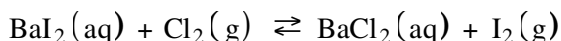
$$E^{\circ} = E^{\circ}_{\text{katodo}}(\text{erredukziozkoa}) - E^{\circ}_{\text{anodo}}(\text{erredukziozkoa})$$

$$E^{\circ} = 0,000 - (-2,868\text{V}) = 2,868\text{V}$$

Pila bat espontaneoa izateko, beti bere E° -ak zero baino handiago izan behar du.

a.- *Emaitza:* $E^{\circ} = 2,868\text{ V}$

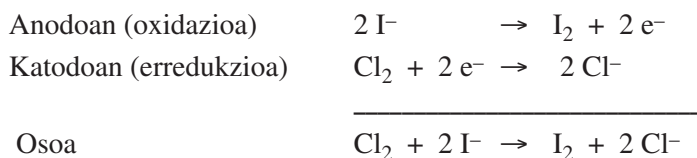
b.- a ataleko era berdinez egiten da atal hau.



Erreakzio honetan, I^- -a I_2 -ra oxidatu egiten da, eta Cl_2 -a, Cl^- -ra erreduzitu; erreakzioa espontaneoa izateko, Cl_2 -aren ahalmena Cl^- -ra erreduzitzeko, I_2 -arena baino handiago izan behar da. Tauletan begiratuz,

$$E^{\circ}(\text{I}^- | \text{I}_2(\text{Pt})) = 0,5355\text{ V} \text{ eta } E^{\circ}(\text{Cl}^- | \text{Cl}_2(\text{Pt})) = 1,3583\text{ V}$$

Ikusten denez, Cl_2 -aren erreduzitzeko ahalmena I_2 -arena baino handiagoa da eta erreakzio hau espontaneoa izango da. Pilan gertatzen diren erreakzioak hauek izango dira:



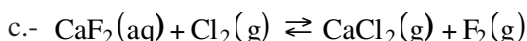
Beraz, pila, hau izango da,



eta beraren potentziala,

$$E^{\circ} = E^{\circ}_{\text{kat}} - E^{\circ}_{\text{an}} = 1,3583 - 0,5355 = 0,8228\text{ V}$$

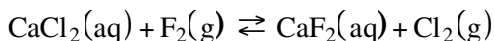
b.- *Emaitza:* espontaneoa da, $E^{\circ} = 0,8228\text{ V}$



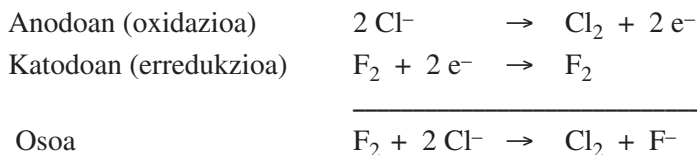
Erreakzio honetan, F^- -a F_2 -ra oxidatu egiten da, eta Cl_2 -a Cl^- -ra erreduzitu. Espontanea izateko, Cl_2 -aren erreduzitzeko ahalmena, F_2 -arena baino handiagoa izan behar da. Tauletan begiratu,

$$E^\circ(F^- | F_2(Pt)) = 2,866 \text{ V} \text{ eta } E^\circ(Cl^- | Cl_2(Pt)) = 1,3583 \text{ V}$$

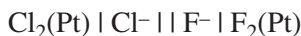
Ikusten denez, F_2 -aren erreduzitzeko ahalmena, Cl_2 -arena baino handiago da, eta erreakzio hori ez da espontanea izango, eta bai alderantzizko zentzuan:



Pila espontanea izateko gertatu behar diren erreakzioak hauek dira,



eta pila espontaneoaren eskema:



$$E^\circ = E^\circ_{\text{kat}} - E^\circ_{\text{an}} = 2,866 - 1,3583 = 1,508 \text{ V}$$

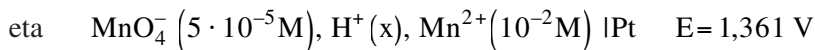
c.- *Emaitza*: ez da espontanea: E° (pila espontaneoarena) = 1,508 V

XII.B.3 - Ioi permanganato-ioi manganoso disoluzio batean sartuta dagoen Pt-elektrodoaren potentzial normala, 1,51 V da, disoluzioa azidoa denean.

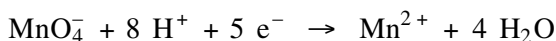
- a.- Jakinik elektrodo honen potentziala, $[MnO_4^-] = 5 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ eta $[Mn^{2+}] = 10^{-2} \text{ M}$ direnean, 1,361 V dela, kalkulatu disoluzioaren pH-a.
- b.- Kalkulatu gertatzen den erreakzioaren oreka-konstantea, pila, a ataleko elektrodoarekin eta $Fe^{3+}(1 \text{ M}), Fe^{2+}(1 \text{ M}) | Pt$ ($E^\circ = 0,771 \text{ V}$) elektrodoarekin osotuta badago.

Ebazpena:

- a.- Potentzial normala 1,51 V izateak zera esan nahi du, elektrodoak osatzen duten espezie guztien kontzentrazioa 1 M dela. Beraz,



Nernst-en ekuazioak adierazten du elektrodo edo pila baten potentziala zein den, espezieak baldintza standardetan ez daudenean. Aplikatzeko, elektrodoan gertatzen den erredukziozko erreakzioa jakin behar da. Elektrodo honetan gertatzen den erredukziozko erdierreakzioa hau da:



Beraz, 298 K-etan

$$E = E^\circ - \frac{0,059}{n} \log \frac{[\text{Mn}^{2+}]}{[\text{MnO}_4^-] \cdot [\text{H}^+]^8}$$

$$1,361 \text{ V} = 1,51 \text{ V} - \frac{0,059 \text{ (V)}}{5} \log \frac{10^{-2}}{(5 \cdot 10^{-5}) \cdot [\text{H}^+]^8}$$

$$\text{nondik,} \quad \log \frac{200}{[\text{H}^+]^8} = 12,63 ; \quad \frac{200}{[\text{H}^+]^8} = 4,328 \cdot 10^{12}$$

$$[\text{H}^+]^8 = 4,72 \cdot 10^{-11} \quad \text{eta} \quad [\text{H}^+] = 5,12 \cdot 10^{-2}$$

Beraz, pH-a:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = 1,29$$

- a.- *Emitza:* pH = 1,29

- b.- Pila espontaneoak izateko, katodo gisan jartzen den elektrodoaren erredukziozko potentziala, anodo bezala jartzen denarena baino handiagoa izan behar da. Beraz,

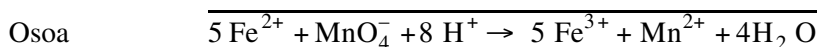
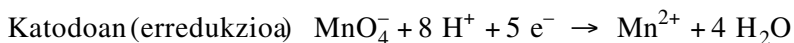
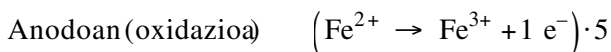
$$E \left(\text{MnO}_4^- (5 \cdot 10^{-5} \text{ M}), \text{H}^+, \text{Mn}^{2+} (10^{-2} \text{ M}) \mid \text{Pt} \right) = 1,361 \text{ V}$$

$$E \left(\text{Fe}^{3+} (1 \text{ M}), \text{Fe}^{2+} (1 \text{ M}) \mid \text{Pt} \right) = 0,771 \text{ V}$$

direnez, katodo gisan, MnO_4^- , H^+ , Mn^{2+} | Pt delako elektrodoa egon beharko da, eta bestea anodo gisan, osatzen duten pilaren eskema hau delarik,



eta gertatzen diren erreakzioak,



Oreka-konstantea 298K-etan honela determina daiteke:

$$E^\circ(\text{pila}) = \frac{0,059}{n} \log K \quad E^\circ = E_{\text{kat}}^\circ - E_{\text{an}}^\circ = 1,51 - 0,771 = 0,739$$

$$\text{denez, eta } n=5 \quad 0,739 \text{ V} = \frac{0,059}{5} \log K; \quad \log K = 62,6; \quad K = 4,24 \cdot 10^{62}$$

$$\text{b.- Eraitza: } K = 4,24 \cdot 10^{62}$$

XII.B.4.- 25°C-tan, pila bat 1. eta 2. elektrodoez osotuta dago:

1. elektrodoa, zilar nitratotan 0,1 M den 50 ml-ko disoluzio batean zilar-ziri bat sartuz osotzen da.
2. elektrodoa, kobre(II) nitratotan 0,2 M den disoluzio batean kobre-ziri bat sartuz osotzen da.

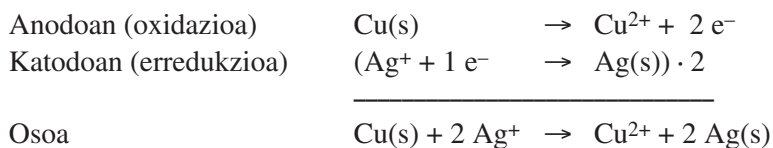
- a.- Elektrodo bakoitzean gertatzen den erreakzioa eta erreakzio totala idatzi.
- b.- Pilaren potentziala determinatu.
- c.- Zilar nitratoa dagoen ontzira azido klorhidrikotan 0,2 M den 50 ml-ko disoluzio bat botatzen da. Determinatu pilaren potentzial berria eta gertatzen diren erreakzioak azaldu.

Datuak: $E^\circ(\text{Ag}^+ | \text{Ag}) = 0,799 \text{ V}$; $E^\circ(\text{Cu}^{2+} | \text{Cu}) = 0,342 \text{ V}$;

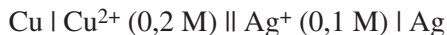
$$K_s(\text{AgCl}) = 1,8 \cdot 10^{-10}$$

Ebazpena:

- a.- Erreakzioak idatzi baino lehenago, jakin egin behar da zein izango den anodoa eta zein katodoa. Katodo gisan, erreduziozko ahalmen handiena daukan espezia egongo da, beraz, erreduziozko potentzialak ikusiz, erreduziozko ahalmen handiena zilarrek dauka, beraz, katodo gisan zilarra egongo da, eta anodo gisan, kobrea. Kontutan eduki behar da potentziala kontzentrazioarekin aldatu egiten dela, eta batzutan erreakzioen zentzua aldatu egin daitekeela. Determina dezagun osotzen den pilaren potentziala. Horretarako erreakzioak idatziz,



Disoluzioan AgNO_3 delakoa guztiz disoziatuta egongo denez, disoluzioan $[\text{Ag}^+] = [\text{AgNO}_3] = 0,01 \text{ M}$; berdinki $[\text{Cu}^{2+}] = [\text{Cu}(\text{NO}_3)_2] = 0,2 \text{ M}$; beraz, pilaren eskema, kontzentrazioak adieraziz, hau izango da



Baina pila eta erreakzio osoa espontaneo den egiaztatu behar da, eta horretarako potentziala positiboa dela egiaztatu behar da. Espezieak baldintza standardetan ez daudenez, Nernst-en ekuazioa aplikatu behar da,

$$E = E^\circ - \frac{0,059}{n} \log \frac{[\text{Cu}^{2+}]}{[\text{Ag}^+]^2}$$

$$E^\circ = E_{\text{kat}}^\circ - E_{\text{an}}^\circ$$

$$E = (0,799 - 0,342) - \frac{0,059}{2} \log \frac{0,2}{(0,1)^2} = 0,419 \text{ V}$$

Beraz, potentziala positiboa denez, erreakzioa espontaneo da direkzio horretan.

a.- *Emaitza:* Erreakzio osoa: $\text{Cu(s)} + 2\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{Ag(s)}$

b.- *Emaitza:* $E = 0,419 \text{ V}$

c.- AgNO_3 -a dagoen ontzira HCl -a botatzen bada, AgCl -a prezipitatuko da: Beraz, disoluzioan geratzen den Ag^+ -a aldatuko da. Honela potentziala eta erreakzioak idatzi baino lehenago, disoluzioan geratzen den $[\text{Ag}^+]$ -a determinatu beharko da.

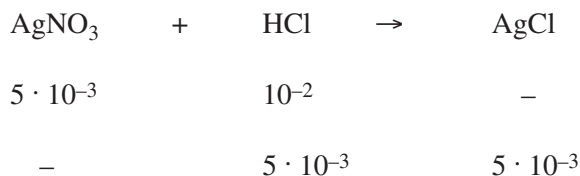
50 ml AgNO_3 0,1 M eta 50 ml HCl 0,2 M

100 ml-ko disoluzio batean mol hauek daude:

$$n_{\text{AgNO}_3} = 0,1 \text{ M} \cdot 50 \cdot 10^{-3} \text{ l} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{\text{HCl}} = 50 \cdot 10^{-3} \text{ l} \cdot 0,2 \text{ M} = 10^{-2} \text{ mol}$$

Gertatuko den prezipitazio-erreakzioa honela geratuko da:

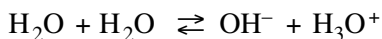
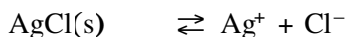
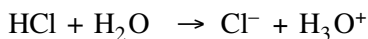


Beraz, $5 \cdot 10^{-3}$ mol AgCl eratuko dira; hauetatik disoluzioan zenbat dauden jakiteko, AgCl -aren disolbagarritasuna determinatu behar da, disoluzioan dagoen HCl -aren kontzentrazioa hau denean,

$$[\text{HCl}]_0 = \frac{5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{0,1 \text{ l}} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

$[\text{AgCl}(\text{aq})] = S$ (AgCl -aren disolbagarritasunari S deituz)

Gertatzen diren erreakzioak hauek dira,



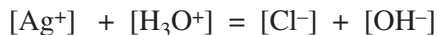
Erreakzio bakoitzari dagokion oreka-konstantea:

$$K_s(\text{AgCl}) = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-] \text{ eta } 10^{-14} = [\text{OH}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]$$

Masa-balantzea,



Karga-balantzea

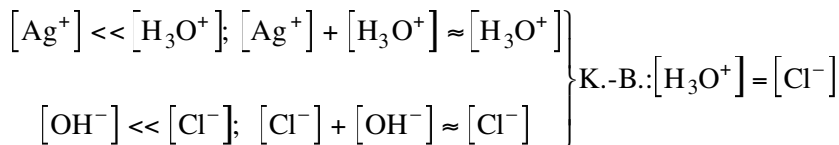


Hurbilketak:

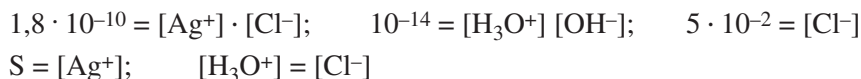
AgCl -aren disolbagarritasuna txikia da ur purutan (10^{-5} M), beraz, HCl -tan $5 \cdot 10^{-2}$ M den disoluzio batean txikiago, eta beraz, S arbuia garri izango da.



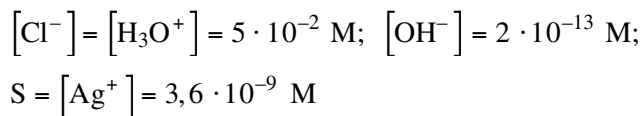
Disoluziora azido bat botatzen denez, $[\text{OH}^-]$ -a txikia izango da, eta berdin $[\text{Ag}^+]$ -a, zeren berdin disolbagarritasuna baita; beraz,



Hurbilketa hauekin, geratzen diren ekuazioak hauek dira,



Ebatziz, orekako kontzentrazioak hauek dira,



Hurbilketen errorea egiaztatuz,

$$[\text{HCl}]_0 + S \approx [\text{HCl}]_0; \frac{5}{100} \cdot 5 \cdot 10^{-2} > 3,6 \cdot 10^{-9} \text{ beraz, } \underline{\text{egokia}} \text{ da}$$

$$[\text{Ag}^+] + [\text{H}_3\text{O}^+] \approx [\text{H}_3\text{O}^+]; \frac{5}{100} \cdot 5 \cdot 10^{-2} > 3,6 \cdot 10^{-9} \text{ beraz, } \underline{\text{egokia}} \text{ da}$$

$$[\text{OH}^-] + [\text{Cl}^-] \approx [\text{Cl}^-]; \frac{5}{100} \cdot 5 \cdot 10^{-2} > 3,6 \cdot 10^{-9} \text{ beraz, } \underline{\text{egokia}} \text{ da}$$

Disoluzioan dagoen $[\text{Ag}^+] = 3,6 \cdot 10^{-9} \text{ M}$ da; beraz, pila a ataleko direkzio berdinean doala suposatuz, pilaren eskema hau izango da;

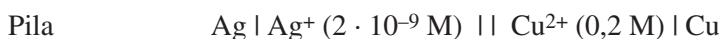
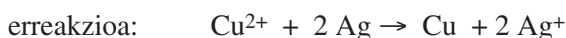


Potentziala,

$$E = E^\circ - \frac{0,059}{n} \log \frac{[\text{Cu}^{2+}]}{[\text{Ag}^+]^2} =$$

$$= (0,799 - 0,342) - \frac{0,059}{2} \log \frac{0,2}{(3,6 \cdot 10^{-9})^2} = -0,021 \text{ V}$$

Beraz, pila (erreakzioa) ez da zentzu honetan espontaneo izango, eta bai beste zentzuan; horregatik, gertatzen diren erreakzioak eta pilaren eskema hauek dira,

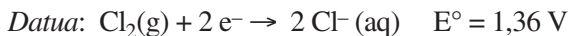


Potentziala, 0,021 V da, beraz, $E = 0,021 \text{ V}$ da.

c.- *Emaitza*: $E = 0,021 \text{ V}$; erreakzioa: $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{ Ag} \rightarrow \text{Cu} + 2 \text{ Ag}^+$

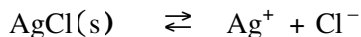
XII.B.5.- $\text{Ag}^+ | \text{Ag}$ erdielementua edukiz, zeinaren $E^\circ = 0,80 \text{ V}$ baita,

- Ag^+ -aren disoluzioari HCl gehitzen zaio $[\text{Cl}^-] = 1 \text{ M}$ izan arte; orduan $\text{Ag}^+ | \text{Ag}$ elektrodoaren potentziala $0,222 \text{ V}$ da. Determinatu AgCl -aren K_S -a
- Eztabaida ezazu termodinamikoki ea $\text{Cl}_2(\text{g})$ -ak zilarra oxida dezakeen ala ez.

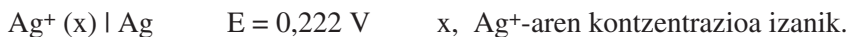


Ebazpena:

- Ag^+ -aren disoluzio bati HCl -a gehitzen bazaio disoluzioaren Cl^- -aren kontzentrazioa 1 M izan arte, oreka hau gertatuko da,



eta $K_S = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-]$. Orduan, K_S -a determinatzeko, disoluzioan dagoen $[\text{Ag}^+]$ -a jakin behar da, Cl^- -arena jakina baita. Horretarako elektrodoaren potentziala badakigu:



Nernst-en potentzialak adierazten du nola aldatzen den potentziala kontzentrazioarekiko; elektrodoan gertatzen den erredukziozko erdierreakzioa hau da,



Honela,

$$E = E^\circ - \frac{0,059}{n} \log \frac{1}{[\text{Ag}^+]}$$

nondik $[\text{Ag}^+]$ determina baitezakegu:

$$0,222 = 0,80 - \frac{0,059}{1} \log \frac{1}{[\text{Ag}^+]} \rightarrow [\text{Ag}^+] = 1,6 \cdot 10^{-10} \text{ M}$$

$$\text{hots, } K_S = [\text{Cl}^-] \cdot [\text{Ag}^+] = 1 \cdot 1,6 \cdot 10^{-10} = 1,6 \cdot 10^{-10}$$

a.- *Emaitza:* $K_S(\text{Ag Cl}) = 1,6 \cdot 10^{-10}$

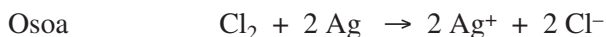
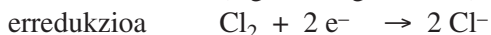
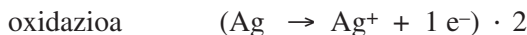
b.- Cl_2 -aren erredukzio-ahalmena Ag^+ -arena baino handiagoa da, zeren Cl_2/Cl^- bikotearen erredukzio-potentziala Ag^+/Ag bikotearena baino handiago baita. Honela, pila espontaneo izateko, kloroa erreduzitu egin beharko da eta zilarra oxidatu. Horrela, pilaren potentziala, espezie guztiak egoera standardetan badaude, positiboa da:

$$E^\circ = E^\circ(\text{Cl}_2 / \text{Cl}^-) - E^\circ(\text{Ag}^+ / \text{Ag}) = 0,56 \text{ V}$$

Eta pilaren potentzial standarda positiboa bada, erreakzioaren ΔG° zero baino txikiagoa izango da zeren

$$\Delta G^\circ = -n \cdot F \cdot E^\circ$$

Honela gertatzeko erreakzioa hau da,



$$\begin{aligned} \text{beraz, } \Delta G^\circ &= -2 \text{ mol} \cdot 96500 \text{ coulomb} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 0,56 \text{ V} = \\ &= -108,08 \text{ kJ} = -25,9 \text{ kcal} \end{aligned}$$

beraz, $\Delta G^\circ < 0$ denez, $K > 0$ da, eta beraz, termodinamikoki posible da.

b.- *Emaitza:* $\Delta G^\circ = -25,9 \text{ kcal}$.

C.- PROBLEMAK

XII.C.1.- Potentzial standarden taula erabiliz, determina ze oxidatzaile erabil daitekeen

- a.- Cl^- -a, Cl_2 -ra oxidatzeko.
- b.- Pb -a, Pb^{2+} -ra oxidatzeko.
- c.- Fe^{2+} -a, Fe^{3+} -ra oxidatzeko.

Berdinki, ze erreduktore erabil daitekeen

- d.- Fe^{2+} -a, Fe -ra erreduzitzeko.
- e.- Ag^+ -a, Ag -ra erreduzitzeko.
- f.- Mn^{2+} -a, Mn -ra erreduzitzeko.

XII.C.2.- a.- Determinatu Daniell zelularen potentziala, baldin Zn eta Cu elektrodoak, beraien sulfatoetan $0,1 \text{ M}$ diren disoluzioetan sartuta badaude.
b.- Determinatu pilaren potentziala, disoluzioak 10 eta 100 aldiz diluitzen badira.

Datuak: $E^\circ(\text{Zn}^{2+} | \text{Zn}) = -0,762 \text{ V}$; $E^\circ(\text{Cu}^{2+} | \text{Cu}) = 0,342 \text{ V}$

XII.C.3.- $\text{Mg}^{2+} | \text{Mg}$ eta $\text{Al}^{3+} | \text{Al}$ elektrodoen potentzial normalak hauek dira, $-2,37 \text{ V}$ eta $-1,66 \text{ V}$, hurrenez hurren.

- a.- Biek osotzen duten pila idatzi.
- b.- Erreakzioak idatzi.
- c.- Pilaren potentzial normala determinatu.

XII.C.4.- Pila bat honela osotuta dago, kobalto metala, Co^{2+} -tan 1 M den disoluzio batean sartuta, eta beste erdielementua Pt metala, Cl^- -tan 1 M den disoluzio batean sartuta. Pt -elektrodoan, Cl_2 -a 1 atm -tan burbui-larazten denean, pilaren potentziala $1,63 \text{ V}$ da. Kobalto-elektrodoa negatiboa dela, eta $E^\circ(\text{Cl}^- | \text{Cl}_2(\text{Pt})) = 1,36 \text{ V}$ dela jakinik, determinatu

- a.- Pila, eta pilaren erreakzio espontaneo.
- b.- $E^\circ(\text{Co}^{2+} | \text{Co})$
- c.- Pilaren voltaia, $[\text{Co}^{2+}] = 0,01 \text{ M}$ denean.

XII.C.5.- Determinatu hidrogeno-elektrodoaren potentziala

- a.- Hidrogenoaren presioa 100 atm-koa bada eta $[H_3O^+] = 1 \text{ M}$.
 b.- Hidrogenoaren presioa 2 atm bada, eta $[H_3O^+] = 10^{-2} \text{ M}$.

XII.C.6.- Ur oxigenatuzko disoluzio bat potasio dikromatoz baloratu nahi da, horretarako aurretik azido sulfurikozko ur-disoluzio bat gehitzen delarik, eta bukaera-puntua determinatzeko indikatzaile egoki bat erabiltzen delarik .

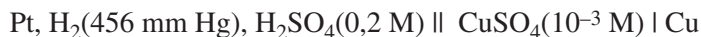
- a.- Zein da ur oxigenatuaren kontzentrazioa, baldin ur oxigenatu horren 20 cm^3 baloratzeko, potasio dikromatozko disoluzio baten 10 cm^3 erabili badira, eta disoluzio hau, %80ko purutasuna duen lagin baten 30 g, 1 litro uretan disolbatuz prestatu izan bada?
 b.- Potasio dikromatozko disoluzioaren ze bolumen erabili beharko litzateke, baldin ur-baporez saturatutako, eta 0,5 g helio dituen 2 litroko ontzi batean 2 atm-ko presioa, 22°C -tan, lortu nahi bada, erreakzioan askatutako oxigenoaren bidez?
 c.- a ataleko balorazioan, ze bolumen azido sulfuriko erabili beharko litzateke, baldin azido sulfurikoaren disoluzioak $1,84 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ -ko dentsitatea badu, eta %96ko purutasuna pisutan badu?

Datuak: $p_v(\text{H}_2\text{O}, 1, 22^\circ\text{C}) = 19,8 \text{ mm Hg}$

$$E^\circ \left(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}, (\text{H}^+) / \text{Cr}^{3+} \right) = 1,333 \text{ V}$$

$$E^\circ \left(\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}_2 (\text{H}^+) \right) = 0,682 \text{ V}$$

XII.C.7.- Ondoko pila hau daukagu:



- a.- Baldintza horietan, determinatu zein den pila horren potentziala.
 b.- Potentziala determinatu baldin:
 1.- Konpartimentu anodikoak, $\text{pH} = 3$ badu.
 2.- Kopartimendu katodikoari, soberakinan (kontzentrazioa 1 M izan arte) amoniakoa gehitzen bazaio.
 Lortutako emaitzetatik ze ondorio atera dezakezu?
 c.- Pila gertatzen den erreakzioaren oreka-konstantea determinatu.

Datuak:

$$E^\circ \left(\text{Cu}^{2+} \mid \text{Cu} \right) = 0,342 \text{ V}; \quad K_a \left(\text{HSO}_4^- \right) = 1,2 \cdot 10^{-2}$$

$$K_{\text{dis}} \left(\left[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4 \right]^{2+} \right) = 9,1 \cdot 10^{-14}$$

XII.C.8.- Pila bat honela egiten da, kalomel-elektrodoa, 0,1 M (merkurioa, potasio kloruroa 0,1 M eta kloruro merkuriosoa (s) disoluzio batean), eta hidrogeno (1 atm) elektrodoa, azido azetikotan 0,2 M den disoluzio batean sartuta. Pilaren elektrodo positiboa kalomela izanik, pilaren potentziala 0,495 V da. Kalomel-elektrodo dezinormalaren E-a, 0,334 V dela jakinik, determinatu

- a.- HAc-tan 0,2 M den disoluzioaren pH-a.
- b.- Azido azetikoaren disoziazio-konstantea.

XII.C.9.- Amonio oxalato monohidrato konposatuaren purutasuna determinatu, zera jakinik, 1,334 g-k, uretan disolbatuz eta azido sulfurikoz azidotuz, 37,15 cm³ potasio permanganato 0,1 M erreduzitu egin dutela, Mn²⁺ emanek, eta amonio oxalatoa anhidrido karbonikora oxidatuz.

XII.C.10.- Zilar kloruroaren K_S-a $1,8 \cdot 10^{-10}$ dela jakinik, determinatu Cl⁻ (1M) AgCl(s) | Ag elektrodoaren potentziala.

Datua: $E^\circ(\text{Ag}^+ | \text{Ag}) = 0,799 \text{ V}$

- XII.C.11.- a.- Ze potentzial eman behar zaio zilarrezko elektrodo bati zilarren gainean zilarrik ez ezartzeko, elektrodoa 25°C-tan eta zilar nitratotan 0,001 M den disoluzio batean sartuta badago?
- b.- Ze potentzial eman behar zaio zilarrezko elektrodoari zilarra disolbatzeko, aurreko disoluzioari potasio zianuroa gehitzen bazaio, CN⁻-tan 1 M izan arte? Suposatu potasio zianuroa gehitzerakoan bolumena ez dela aldatzen.

Datuak: $E^\circ(\text{Ag}^+ | \text{Ag}) = 0,799 \text{ V}$; $K_{\text{dis}}(\text{Ag}(\text{CN})_2^-) = 10^{-21}$

XII.C.12.- Ondoko zelula galvanikoa emanik,



eta potentziala 25°C-tan 0,698 V dela jakinik,

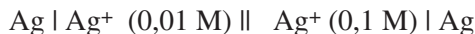
- a.- Zelularen erreakzio espontaneo idatzi.
- b.- Ag₂SO₄ delakoaren disolbagarritasun-konstantea determinatu.

Datua: $E^\circ(\text{Ag}^+ | \text{Ag}) = 0,799 \text{ V}$

XII.C.13.- Potentzial standarden taula erabiliz, ondoko zelula galvanikoaren erreakzio espontaneoaren voltaia determinatu:



XII.C.14.- Kontzentrazio-zelula galvaniko hau kontsideratuz,



Determinatu

- Zelularen erreakzio espontanea.
- Zelularen lehen momentuko potentziala.
- Zelulak ematen duen elektrizitate-kantitatea, zelula geratu baino lehenago. Erdielementu bien bolumenak berdinak (1 dm^3) direla kontsideratu.

XII.C.15.- MnO_4^- , H^+ , $\text{Mn}^{2+} \mid \text{Pt}$ elektrodoaren edo $\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}$ sistemaren potentziala determinatu, $\text{pH} = 2$ eta $\text{pH} = 7$ direnean. Determinatu halaber nola aldatuko den MnO_4^- delakoaren indar oxidatzailea H_3O^+ -aren kontzentrazioa $1 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ izatetik $10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ izatera aldatzen denean.

$$\text{Datua: } E^\circ(\text{MnO}_4^-; \text{H}^+; \text{Mn}^{2+} \mid \text{Pt}) = 1,5 \text{ V}$$

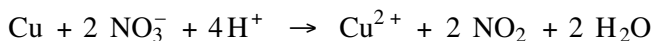
XII.C.16.- Pila bat honela osotuta dago, $\text{Ag}^+ \mid \text{Ag}$ elektrodo standard bat eta bestea zilarrezko hari bat klorurotan 1 M den disoluzio batean sartuta, zilar kloruro solidoarekiko saturatuta dagoena. Kalkulatu zilar kloruroaren disolbagarritasun-biderkadura, pilaren potentziala $E = 0,576 \text{ V}$ dela jakinik.

- XII.C.17.-
- Ag^+ -tan $0,1 \text{ M}$ den disoluzio batean zilarrezko hari bat sartu ondoren, lortzen den elektrodoaren potentziala zein izango da?
 - Zein izango da potentziala, haria $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ -tan $0,1 \text{ M}$ den disoluzio batean sartzen badugu?
 - Potasio klorurotan 1 M den disoluzio batean Ag , AgCl(s) elektrodo bat sartzen bada, pila galvaniko bat egin dezakegu elektrodo honekin eta gorago esan ditugunekin? Zein izango da potentziala kasu bakoitzean?

$$\text{Datuak: } E^\circ(\text{Ag}^+ \mid \text{Ag}) = 0,799 \text{ V}; \quad K(\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+) = 1,7 \cdot 10^7$$

$$K_s(\text{AgCl}) = 1,8 \cdot 10^{-10}$$

XII.C.18.- Ondoko erreakzioaren oreka-konstantea, 298 K-etan, $7,0 \cdot 10^{20}$ da.



Determina bitez

- a.- Pilaren potentziala hasierako kontzentrazioak hauek direnean,
 $\text{NO}_3^- = 1 \text{ M}$; $\text{Cu}^{2+} = 2 \text{ M}$; $p_{\text{NO}_2} = 350 \text{ mm Hg}$ eta pH-a 3 izanik.
- b.- Nola aldatuko da pilaren potentziala katodoko disoluzioari azido klorhidrikotik $0,1 \text{ M}$ den disoluzio baten 50 ml gehitzen badizkiogu? (aurretiko bolumena 25 ml izan zen)
- c.- NO_3^- , $\text{H}^+ \mid \text{NO}_2(\text{Pt})$ elektrodoaren E° -a

Datua: $E^\circ(\text{Cu}^{2+} \mid \text{Cu}) = 0,342 \text{ V}$

XII.C.19.- 298 K-etan pila bat bi elektrodoz osotuta dago, bata platinozko ziri bat Sn^{2+} - eta Sn^{4+} -disoluzio batean sartuta, eta bestea platinozko ziri bat ere, baina Cr^{3+} - eta Cr^{2+} -disoluzio batean sartuta.

- a.- Pilaren eskema eta gertatzen den erreakzioa idatzi.
- b.- Pilaren potentziala determinatu, ioi guztien kontzentrazioak 1 M badira.
- c.- Erreakzioaren oreka-konstantea determinatu.
- d.- ΔG° kalkulatu.
- e.- Lehen momentuko pilaren potentziala determinatu, ioien kontzentrazioak hauek direlarik,

$$[\text{Sn}^{4+}] = 0,01 \text{ M}; [\text{Sn}^{2+}] = 0,005 \text{ M};$$

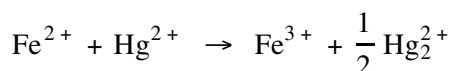
$$[\text{Cr}^{3+}] = 0,0025 \text{ M}; [\text{Cr}^{2+}] = 0,055 \text{ M}$$

- f.- $482,44 \text{ C}$ -etako korrante elektriko bat eman ondoren, determinatu pilaren potentziala, hasierako kontzentrazioak e.- atalekoak izanik. Suposatu katodoko eta anodoko disoluzioen bolumenak 1 l direla.

Datuak: $E^\circ(\text{Sn}^{4+}, \text{Sn}^{2+} \mid \text{Pt}) = 0,15 \text{ V}$

$E^\circ(\text{Cr}^{3+}, \text{Cr}^{2+} \mid \text{Pt}) = -0,41 \text{ V}$;

XII.C.20.- Ondoko erreakzioaren oreka-konstantea $3,2 \cdot 10^2$ dela jakinik,

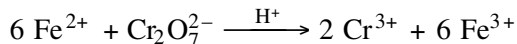


Determinatu ze pH-tartea erabili behar den MnO_4^- -ak Hg_2^{2+} -a oxida dezan inguru azidoan, beste espezie guztien kontzentrazioa 1 M izanik.

Datuak: $E^\circ(\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+} | \text{Pt}) = 0,771 \text{ V}$

$$E^\circ(\text{MnO}_4^-, \text{H}^+, \text{Mn}^{2+} | \text{Pt}) = 1,507 \text{ V}$$

XII.C.21.- Dikromatoa, burdina(II) ioia oxidatzeko gai da inguru azidoan:



Oreka-konstantea, 298,15 K-etan, $1,8 \cdot 10^{57}$ delarik.

- Erreakzio hau gertatzen deneko pilaren potentziala kalkulatu, disoluzioaren pH-a 3 denean. Noiz izango da erreakzioa espontaneoagoa, pH azidotan ala pH basikotan? Espezie guztiak, H^+ delakoa salbu, baldintza standardetan daudela suposatu.
- Erredukzioa gertatzen deneko erdipilaren potentziala kalkulatu, disoluzioaren pH-a 2 denean. Nola aldatuko da erdielementu honen indar oxidatzailea disoluzioaren pH-arekiko?
- Determinatu pilak sortutako elektrizitate-kantitatea funtzionatzen duen denboraren zehar, hasierako baldintzak a atalekoak badira, eta Fe^{3+} -aren bukaerako kontzentrazioa 1,02 M bada. Bolumenak 1 l-koak direla suposatu.

Datua: $E^\circ(\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+} | \text{Pt}) = 0,771 \text{ V}$

Taulak

2. TAULA

AZIDO AHULEN DISOZIAZIO-KONSTANTEAK UR-DISOLUZIOTAN

Izena	Formula	K_1	K_2	K_3
I.- Azido ezorganikoak				
Amonio	NH_4^+	$5,6 \cdot 10^{-10}$		
Artseniko	H_3AsO_4	$5,6 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-7}$	$3,9 \cdot 10^{-12}$
Artsenioso	H_3AsO_3	$6 \cdot 10^{-10}$		
Boriko	H_3BO_3	$7,3 \cdot 10^{-10}$	$1,8 \cdot 10^{-13}$	$1,6 \cdot 10^{-14}$
Fluorhidriko	HF	$3,5 \cdot 10^{-4}$		
Fosforiko	H_3PO_4	$7,5 \cdot 10^{-3}$	$6,2 \cdot 10^{-8}$	$2,2 \cdot 10^{-13}$
Fosforoso	H_3PO_3	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$2,6 \cdot 10^{-7}$	
Hiprobromoso	HBrO	$2,1 \cdot 10^{-9}$		
Hipoiodoso	HIO	$2,3 \cdot 10^{-11}$		
Hipokloroso	HClO	$2,9 \cdot 10^{-8}$		
Iodiko	HIO_3	$1,7 \cdot 10^{-1}$		
Karboniko	H_2CO_3	$4,3 \cdot 10^{-7}$	$5,6 \cdot 10^{-11}$	
Kromiko	H_2CrO_4	$1,8 \cdot 10^{-1}$	$3,2 \cdot 10^{-7}$	
Nitroso	HNO_2	$4,6 \cdot 10^{-4}$		
Pirofosforiko	$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$	$1,4 \cdot 10^{-2}$	$3,2 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^{-6}$
		$(K_4 = 6 \cdot 10^{-9})$		
Sulfhidriko	H_2S	$9,1 \cdot 10^{-8}$	$1,1 \cdot 10^{-12}$	
Sulfuriko	H_2SO_4	—	$1,2 \cdot 10^{-2}$	
Sulfuroso	H_2SO_3	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-7}$	
Zianhidriko	HCN	$4,9 \cdot 10^{-10}$		
Zianiko	HCNO	$2,2 \cdot 10^{-4}$		

AZIDO AHULEN DISOZIAZIO-KONSTANTEAK UR-DISOLUZIOTAN (Jarr.)

Izena	Formula	K_1	K_2	K_3
II.- Azido organikoak				
Azetiko	CH_3COOH	$1,76 \cdot 10^{-5}$		
Bentzoiko	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$	$6,5 \cdot 10^{-5}$		
Bromoazetiko	BrCH_2COOH	$2,1 \cdot 10^{-3}$		
Dikloroazetiko	Cl_2CHCOOH	$3,3 \cdot 10^{-2}$		
Fenol	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	$1,3 \cdot 10^{-10}$		
<i>o</i> -ftaliko	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})_2$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$3,9 \cdot 10^{-6}$	
Formiko	HCOOH	$1,8 \cdot 10^{-4}$		
Iodoazetiko	ICH_2COOH	$7,5 \cdot 10^{-4}$		
Kloroazetiko	ClCH_2COOH	$1,4 \cdot 10^{-3}$		
Oxaliko	$\text{COOH}-\text{COOH}$	$5,9 \cdot 10^{-2}$	$6,4 \cdot 10^{-5}$	
Tartariko	$(\text{CHOH}-\text{COOH})_2$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$4,6 \cdot 10^{-5}$	
Trikloroazetiko	Cl_3CCOOH	$2 \cdot 10^{-1}$		
Zitriko	$\begin{array}{c} \text{COOH}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{CH}_2-\text{COOH} \\ \\ \text{COOH} \end{array}$	$7,1 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-5}$	$4,1 \cdot 10^{-7}$

Iturria: "Handbook of Chemistry and Physics", 70th edition, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 1989.

3. TAULA

BASE AHULEN DISOZIAZIO-KONSTANTEAK UR-DISOLUZIOTAN

Izena	Formula	K_{b1}	K_{b2}
α -naftil amina	$\alpha\text{-H}_2\text{NC}_{10}\text{H}_7$	$8,3 \cdot 10^{-11}$	
β -naftil amina	$\beta\text{-H}_2\text{NC}_{10}\text{H}_7$	$1,4 \cdot 10^{-10}$	
Aluminio hidroxido	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$5,0 \cdot 10^{-9}$	$2,0 \cdot 10^{-10}$
Amoniako	NH_3	$1,78 \cdot 10^{-5}$	
Anilina	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	$4,3 \cdot 10^{-10}$	
Bentzidina	$\text{NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}_2$	$4,6 \cdot 10^{-10}$	$3,7 \cdot 10^{-11}$
Butil amina	$\text{C}_4\text{H}_9\text{NH}_2$	$5,9 \cdot 10^{-4}$	
Dietil amina	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$	$3,1 \cdot 10^{-4}$	
Dimetil amina	$(\text{CH}_3)_2\text{NH}$	$5,4 \cdot 10^{-4}$	
Etil amina	$\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$	$6,4 \cdot 10^{-4}$	
Etilen diamina	$\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$	$5,2 \cdot 10^{-4}$	$3,7 \cdot 10^{-7}$
Fenantrolina	$\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2$	$6,9 \cdot 10^{-10}$	
Hidroxilamina	NH_2OH	$9,1 \cdot 10^{-9}$	
Hidrazina	$\text{NH}_2\text{-NH}_2$	$8,9 \cdot 10^{-7}$	
Kaltzio hidroxido	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	—	$6,3 \cdot 10^{-2}$
Kinolina	$\text{C}_9\text{H}_7\text{N}$	$7,9 \cdot 10^{-10}$	
Metil amina	CH_3NH_2	$3,7 \cdot 10^{-4}$	
Piridina	$\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$	$1,8 \cdot 10^{-9}$	
Trietil amina	$(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	
Trimetil amina	$(\text{CH}_3)_3\text{N}$	$6,5 \cdot 10^{-5}$	
Urea	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	$1,3 \cdot 10^{-14}$	
Zink hidroxido	$\text{Zn}(\text{OH})_2$	$7,9 \cdot 10^{-7}$	

Iturria: "Handbook of Chemistry and Physics", 70th edition, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 1989.

1. TAULA

DATU TERMODINAMIKOAK

Substantzia kimikoen formazio-entalpia standarda (ΔH_f° , $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$), Gibbs-en energia standarda (ΔG_f° , $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$) eta entropia absolutu standarda (S° , $\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$), $T = 298,15 \text{ K}$ -etan.

I. Substantzia ezorganikoak

Izena	Formula (egoera)	ΔH_f° $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	ΔG_f° $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	S° $\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$
Aluminio				
Aluminio	Al(s)	0	0	28,33
Aluminio	Al(g)	326,35	285,77	164,43
Aluminio	Al ³⁺ (g)	5483,97	—	—
Aluminio	Al ³⁺ (aq)	−531,4	−485,3	−321,75
Aluminio hidroxido	Al(OH) ₃ (amorf)	−1276,1	—	—
Aluminio kloruro	AlCl ₃ (s)	−704,2	628,9	110,67
Aluminio oxido	Al ₂ O ₃ (s,α)	−1675,7	−1582,4	50,92
Antimonio				
Antimonio	Sb(s)	0	0	45,69
Estibina	SbH ₃ (g)	145,11	147,74	232,72
Argon				
Argon	Ar(g)	0	0	154,73
Artseniko				
Artseniko	As(s,α)	0	0	35,15
Artseniko	As(g)	302,50	261,08	174,10
Artsina	AsH ₃ (g)	66,44	68,91	222,67
Bario				
Bario	Ba(s)	0	0	62,76
Bario	Ba(g)	179,91	146,44	170,13

DATU TERMODINAMIKOAK (Jarr.)

Izena	Formula (egoera)	ΔH_f° kJ · mol ⁻¹	ΔG_f° kJ · mol ⁻¹	S° J · K ⁻¹ · mol ⁻¹
Bario	Ba(aq)	-537,64	-560,74	9,62
Bario kloruro	BaCl ₂ (s)	-858,56	-810,44	123,68
Bario oxido	BaO(s)	-533,5	-525,1	70,42
Bario sulfato	BaSO ₄ (s)	-1473,19	-1362,31	132,21
Bario sulfato	BaSO ₄ (aq)	-1446,91	-1305,37	29,71

Berilio

Berilio	Be(s)	0	0	9,50
Berilio	Be(g)	324,26	286,60	136,16
Berilio kloruro	BeCl ₂ (s,α)	-490,36	-445,60	82,68
Berilio oxido	BeO(s)	-609,61	-530,32	14,14

Berun

Berun	Pb(s)	0	0	64,81
Berun	Pb(g)	194,97	161,92	175,26
Berun	Pb ²⁺ (aq)	-1,67	-24,39	10,46
Berun dioxido	PbO ₂ (s)	-277,40	-217,36	68,62
Berun oxido	PbO(s, gorria)	-218,99	-188,95	66,53
Berun oxido	PbO(s, horia)	-215,33	-187,90	68,70
Berun sulfato	PbSO ₄ (s)	-919,94	-813,20	148,57

Bismuto

Bismuto	Bi(s)	0	0	56,74
Bismuto	Bi(g)	207,11	168,20	186,90
Bismuto kloruro	BiCl ₃ (s)	-379,07	-315,06	176,98
Bismuto oxido	Bi ₂ O ₃ (s)	-573,88	-493,71	151,46

Boro

Boro	B(s)	0	0	5,86
Boro	B(g)	562,75	518,82	153,34

DATU TERMODINAMIKOAK (Jarr.)

Izena	Formula (egoera)	ΔH_f° kJ · mol ⁻¹	ΔG_f° kJ · mol ⁻¹	S° J · K ⁻¹ · mol ⁻¹
Bromo				
Azido bromhidriko	HBr(g)	-36,40	-53,43	198,59
Azido bromhidriko	HBr(aq)	-121,55	-103,97	82,42
Bromo	Br ₂ (l)	0	0	152,23
Bromo	Br ₂ (g)	30,91	3,142	245,35
Bromo	Br(g)	111,88	82,43	174,91
Bromuro	Br ⁻ (g)	233,89	—	—
Bromuro	Br ⁻ (aq)	-121,55	-103,97	82,42
Burdina				
Burdina	Fe(s)	0	0	27,28
Burdina	Fe(g)	416,31	370,70	180,38
Burdina	Fe ²⁺ (aq)	-89,12	-78,87	-137,65
Burdina	Fe ³⁺ (aq)	-48,53	-4,60	-315,89
Burdina disulfuro	FeS ₂ (s)	178,24	-166,94	52,83
Burdina(II) oxido	FeO(s)	-271,96	—	—
Burdina(III) oxido	Fe ₂ O ₃ (s)	-824,25	-742,24	87,40
Burdina sulfuro	FeS(s,α)	-100,00	-100,42	60,29
Deuterio				
Deuterio	D ₂ (g)	0	0	144,85
Ur astun	D ₂ O(l)	-294,60	-243,49	75,94
Ur astun	D ₂ O(g)	-249,20	-234,55	198,23
Eztainu				
Eztainu	Sn (s, zuria)	0	0	51,55
Eztainu	Sn(g)	302,08	267,36	168,38
Eztainu	Sn ²⁺ (g)	2434,88	—	—
Eztainu	Sn ²⁺ (g)	-8,79	-27,20	-16,74
Eztainu(IV) kloruro	SnCl ₄ (l)	-511,28	-440,16	258,57
Eztainu(II) oxido	SnO(s)	-302,50	-256,90	56,48
Eztainu(IV) oxido	SnO ₂ (s)	-580,74	-519,65	52,30

DATU TERMODINAMIKOAK (Jarr.)

Izena	Formula (egoera)	ΔH_f° kJ · mol ⁻¹	ΔG_f° kJ · mol ⁻¹	S° J · K ⁻¹ · mol ⁻¹
-------	------------------	--	--	--

Fosforo

Azido fosforiko	H ₃ PO ₄ (aq)	-1277,38	-1018,80	-221,75
Fosfina	PH ₃ (g)	5,44	13,39	210,12
Fosforo	P(s, zuria)	0	0	41,09
Fosforo	P(s, gorria)	-17,57	-12,13	22,80
Fosforo	P ₄ (g)	58,91	24,48	279,87
Fosforo pentakloruro	PCl ₅ (g)	-374,9	-305,0	364,6
Fosforo trikloruro	PCl ₃ (g)	-287,02	-267,78	311,67

Fluoro

Azido fluorhidriko	HF(g)	-271,12	-273,22	173,67
Azido fluorhidriko	HF(aq)	-332,63	-278,82	-13,81
Fluoro	F ₂ (g)	0	0	202,67
Fluoro	F(g)	78,99	61,92	158,64
Fluoruro	F ⁻ (aq)	-332,63	-278,82	-13,81

Helio

Helio	He(g)	0	0	126,04
-------	-------	---	---	--------

Hidrogeno (ikus, halaber, Deuterioa)

Hidrogeno	H ₂ (g)	0	0	130,57
Hidrogeno	H(g)	217,97	203,26	114,60
Hidrogeno	H ⁺ (aq)	0	0	0
Ur	H ₂ O(l)	-285,83	-237,18	69,91
Ur	H ₂ O(g)	-241,82	-228,59	188,72
Ur oxigenatu	H ₂ O ₂ (l)	-187,78	-120,42	109,6

Iodo

Azido iodhidriko	HI (g)	26,48	1,72	206,48
Azido iodhidriko	HI (aq)	-55,19	-51,59	111,29
Iodo	I ₂ (s)	0	0	116,14
Iodo	I ₂ (g)	62,44	19,36	260,58

DATU TERMODINAMIKOAK (Jarr.)

Izena	Formula (egoera)	ΔH_f° kJ · mol ⁻¹	ΔG_f° kJ · mol ⁻¹	S° J · K ⁻¹ · mol ⁻¹
Iodo	I(g)	106,84	70,28	180,68
Ioduro	I ⁻ (g)	-196,65	—	—
Ioduro	I ⁻ (aq)	-55,19	-51,59	111,29

Kadmio

Kadmio	Cd(s,γ)	0	0	51,76
Kadmio	Cd (g)	112,01	77,45	167,64
Kadmio karbonato	CdCO ₃ (s)	-750,61	-669,44	92,47
Kadmio kloruro	CdCl ₂ (s)	-391,50	343,97	115,27
Kadmio oxido	CdO(s)	-258,15	-228,45	54,81
Kadmio sulfato	CdSO ₄ (s)	-933,28	-822,78	123,04
Kadmio sulfuro	CdS(s)	161,92	-156,48	64,85

Kaltzio

Kaltzio	Ca(s)	0	0	41,42
Kaltzio	Ca(g)	178,24	144,35	154,77
Kaltzio	Ca ²⁺ (aq)	-542,83	-553,54	-53,14
Kaltzio bromuro	CaBr ₂ (s)	-682,83	-663,58	129,70
Kaltzio fluoruro	CaF ₂ (s)	-1219,64	-1167,34	68,87
Kaltzio ioduro	CaI ₂ (s)	-533,46	-528,86	142,26
Kaltzio karbonato	CaCO ₃ (kaltzita)	-1206,92	-1128,84	92,88
Kaltzio karbonato	CaCO ₃ (aragonito)	-1207,13	-1127,80	88,07
Kaltzio kloruro	CaCl ₂ (s)	-795,80	-748,10	104,6
Kaltzio oxido	CaO(s)	-635,09	-604,04	39,75

Karbono (Konposatu ezorganikoak)

Azido karboniko	H ₂ CO ₃ (aq)	-699,65	-623,16	187,44
Azido zianhidriko	HCN(l)	135,14	124,68	201,67
Azido zianhidriko	HCN(g)	108,87	124,93	112,84
Karbono	C(grafito)	0	0	5,74
Karbono	C(diamante)	1,897	2,900	2,377
Karbono	C(g)	716,68	671,29	157,99
Karbono dioxido	CO ₂ (g)	-393,51	-394,36	213,64
Karbono dioxido	CO ₂ (aq)	-413,80	-386,02	117,57

DATU TERMODINAMIKOAK (Jarr.)

Izena	Formula (egoera)	ΔH_f° kJ · mol ⁻¹	ΔG_f° kJ · mol ⁻¹	S° J · K ⁻¹ · mol ⁻¹
Karbono disulfuro	CS ₂ (l)	89,70	65,27	151,34
Karbono oxido	CO(g)	-110,52	-137,15	197,56
Karbono tetrakloruro	CCl ₄ (l)	-135,02	-65,27	216,40
Zianuro	CN ⁻ (aq)	150,6	172,4	94,1

Kloro

Azido klorhidriko	HCl(g)	-92,31	-95,30	186,80
Azido klorhidriko	HCl(aq)	-167,16	-131,26	56,48
Kloro	Cl ₂ (g)	0	0	222,96
Kloro	Cl(g)	121,68	105,70	165,09
Kloruro	Cl ⁻ (g)	-246,02	-	-
Kloruro	Cl ⁻ (aq)	-167,16	-131,26	56,48

Kobre

Kobre	Cu(s)	0	0	33,15
Kobre	Cu(g)	338,32	298,61	166,27
Kobre	Cu ⁺ (aq)	71,67	50,00	40,58
Kobre	Cu ²⁺ (aq)	64,77	65,52	-99,58
Kobre oxido	CuO(s)	-157,32	-129,70	42,63
Kobre sulfato	CuSO ₄ (s)	-771,36	-661,91	108,78
Kobre sulfato, 5H ₂ O	CuSO ₄ · 5H ₂ O(s)	-2279,65	-1880,55	300,41

Kripton

Kripton	Kr(g)	0	0	163,97
---------	-------	---	---	--------

Kromo

Dikromato	Cr ₂ O ₇ ²⁻ (aq)	-1490,34	-1301,22	261,92
Kromato	Cr ₂ O ₄ ²⁻ (aq)	-881,15	-727,85	50,21
Kromo	Cr(s)	0	0	23,77
Kromo	Cr(g)	396,64	351,87	174,39

DATU TERMODINAMIKOAK (Jarr.)

Izena	Formula (egoera)	ΔH_f° kJ · mol ⁻¹	ΔG_f° kJ · mol ⁻¹	S° J · K ⁻¹ · mol ⁻¹
Litio				
Litio	Li(s)	0	0	29,12
Litio	Li(g)	159,37	126,69	138,66
Litio	Li ⁺ (aq)	278,49	293,30	13,39
Litio	Li(g)	679,57	–	–
Magnesio				
Magnesio	Mg(s)	0	0	32,68
Magnesio	Mg(g)	147,70	113,14	148,54
Magnesio	Mg ²⁺ (aq)	–466,85	–454,80	–138,07
Magnesio karbonato	MgCO ₃ (s)	–1095,79	–1012,11	65,69
Magnesio kloruro	MgCl ₂ (s)	–641,32	–591,83	89,62
Magnesio oxido	MgO(s)	–601,70	–569,44	26,94
Magnesio sulfato	MgSO ₄ (s)	–1284,91	–1246,00	91,63
Manganeso				
Manganeso	Mn(s,α)	0	0	32,01
Manganeso	Mn(g)	280,75	238,49	173,59
Manganeso	Mn ²⁺ (g)	2519,19	–	–
Manganeso	Mn ²⁺ (aq)	–220,75	–228,03	–73,64
Merkurio				
Merkurio	Hg(l)	0	0	76,02
Merkurio	Hg(g)	61,32	31,85	174,85
Merkurio	Hg ²⁺ (aq)	171,13	164,43	–32,22
Merkurio	Hg ₂ ²⁺ (aq)	172,38	153,55	84,52
Merkurio(I) bromuro	Hg ₂ Br ₂ (s)	–206,90	–181,08	217,57
Merkurio(I) ioduro	Hg ₂ I ₂ (s)	–121,34	–111,00	233,47
Merkurio(I) kloruro	Hg ₂ Cl ₂ (s)	–265,22	–210,78	192,46
Merkurio(II) kloruro	HgCl ₂ (s)	–224,26	–178,66	146,02
Merkurio oxido	HgO(s,gorria)	–90,83	–58,56	70,29
Merkurio oxido	HgO (s, horia)	–90,46	–58,43	71,13

DATU TERMODINAMIKOAK (Jarr.)

Izena	Formula (egoera)	ΔH_f° kJ · mol ⁻¹	ΔG_f° kJ · mol ⁻¹	S° J · K ⁻¹ · mol ⁻¹
Merkurio(II) sulfuro	HgS (s, beltza)	-53,56	-47,60	88,28
Merkurio(II) sulfuro	HgS (s, gorria)	-58,16	-50,63	82,42
Neon				
Neon	Ne(g)	0	0	146,219
Nikel				
Nikel	Ni(s)	0	0	29,87
Nikel	Ni(g)	429,70	384,51	182,08
Nikel	Ni ²⁺ (g)	2930,14	—	—
Nikel	Ni ²⁺ (aq)	-53,97	-45,61	-128,87
Nikel(II) oxido	NiO(s)	-239,74	-211,71	37,99
Nikel(III) oxido	Ni ₂ O ₃ (s)	-489,53	—	—
Nitrogeno				
Amoniako	NH ₃ (g)	-46,11	-16,48	192,34
Amoniako	NH ₃ (aq)	-80,29	-26,57	111,29
Amonio	NH ₄ ⁺ (aq)	-132,51	-79,37	113,39
Amonio kloruro	NH ₄ Cl(s)	-314,43	-202,97	94,56
Amonio nitrato	NH ₄ NO ₃ (s)	-365,56	-184,01	151,08
Azido nitriko	HNO ₃ (l)	-174,10	-80,79	155,60
Azido nitriko	HNO ₃ (aq)	-207,36	-111,34	146,44
Nitrato	NO ₃ ⁻ (aq)	-207,36	-111,34	146,44
Nitrogeno	N ₂ (g)	0	0	191,50
Nitrogeno	N(g)	472,70	445,58	153,19
Nitrogeno dioxido	NO ₂ (g)	33,18	51,30	239,95
Nitrogeno pentaoxido	N ₂ O ₅ (g)	11,30	111,06	355,64
Nitrogeno tetraoxido	N ₂ O ₄ (g)	9,16	97,82	304,64
Oxido nitriko	NO(g)	90,25	86,57	210,65
Oxido nitroso	N ₂ O(g)	82,05	104,18	219,74

DATU TERMODINAMIKOAK (Jarr.)

Izena	Formula (egoera)	ΔH_f° kJ · mol ⁻¹	ΔG_f° kJ · mol ⁻¹	S° J · K ⁻¹ · mol ⁻¹
Oxigeno				
Hidroxilo	OH-(aq)	-229,99	-157,29	-10,75
Hidroxilo	OH(g)	38,95	34,23	183,64
Oxigeno	O ₂ (g)	0	0	205,03
Oxigeno	O(g)	249,17	231,75	160,95
Ozono	O ₃ (g)	142,67	163,18	238,82
Potasio				
Potasio	K(s)	0	0	64,18
Potasio	K(g)	89,24	60,63	160,23
Potasio	K ⁺ (g)	514,30	—	—
Potasio	K ⁺ (aq)	-252,38	-238,26	102,51
Potasio bromuro	KBr(s)	-393,80	-380,66	95,90
Potasio dikromato	K ₂ Cr ₂ O ₇ (s)	-2061,46	-1881,96	288,70
Potasio dikromato	K ₂ Cr ₂ O ₇ (aq)	-1994,93	-1867,74	466,93
Potasio hidroxido	KOH(s)	-424,76	-379,11	78,87
Potasio ioduro	KI(s)	-327,90	-324,89	106,32
Potasio klorato	KClO ₃ (s)	-397,73	-296,31	143,09
Potasio kloruro	KCl(s)	-436,43	-409,15	82,59
Potasio kromato	K ₂ CrO ₄ (s)	-1403,73	-1295,78	200,12
Potasio nitrato	KNO ₃ (s)	-494,63	-394,93	133,05
Potasio permanganato	KMnO ₄ (s)	-837,22	-737,64	171,71
Potasio zianuro	KCN(s)	-112,97	-101,88	128,49
Radon				
Radon	Rn(g)	0	0	176,10
Rubidio				
Rubidio	Rb(s)	0	0	76,78
Rubidio	Rb(g)	80,88	53,09	169,98
Rubidio	Rb ⁺ (g)	490,10	—	—
Rubidio	Rb ⁺ (aq)	-251,17	-283,97	121,50
Rubidio kloruro	RbCl(s)	-435,35	-407,81	95,90

DATU TERMODINAMIKOAK (Jarr.)

Izena	Formula (egoera)	ΔH_f° kJ · mol ⁻¹	ΔG_f° kJ · mol ⁻¹	S° J · K ⁻¹ · mol ⁻¹
-------	------------------	--	--	--

Selenio

Selenio	Se (s,beltza)	0	0	42,44
Selenio oxido	SeO(s)	53,35	26,82	233,89

Silizio

Disilano	Si ₂ H ₆ (g)	80,33	127,19	272,55
Silano	SiH ₄ (g)	34,31	56,90	204,51
Silizio	Si(s)	0	0	18,83
Silizio	Si(g)	455,64	411,29	167,86
Silizio oxido	SiO ₂ (s, kuartzo)	-910,94	-856,67	41,84
Silizio oxido	SiO ₂ (s, kristobalita)	-909,48	-855,46	42,68
Silizio tetrakloruro	SiCl ₄ (l)	-687,01	-619,90	239,74
Silizio tetrakloruro	SiCl ₄ (g)	-657,01	-617,01	330,62

Sodio

Sodio	Na(s)	0	0	51,21
Sodio	Na(g)	107,32	76,79	153,60
Sodio	Na ⁺ (g)	608,98	—	—
Sodio	Na ⁺ (aq)	-240,12	-261,89	58,99
Sodio bromuro	NaBr(s)	-361,06	-348,98	86,82
Sodio hidrogenokarbonato	NaHCO ₃ (s)	-950,81	-851,03	101,67
Sodio hidroxido	NaOH(s)	-425,61	-379,53	64,45
Sodio ioduro	NaI(s)	-287,78	-286,06	98,53
Sodio karbonato	Na ₂ CO ₃ (s)	-1130,68	-1044,49	134,98
Sodio kloruro	NaCl(s)	-411,15	-384,15	72,13
Sodio kloruro	NaCl(aq)	-407,27	-393,15	115,48
Sodio nitrato	NaNO ₃ (s)	-467,85	-367,06	116,52
Sodio sulfato	Na ₂ SO ₄ (s)	-1387,08	-1270,22	149,58

Sufre

Azido sulfhidriko	H ₂ S(g)	-20,63	-33,56	205,69
Azido sulfuriko	H ₂ SO ₄ (l)	-813,99	-690,10	156,90
Azido sulfuriko	H ₂ SO ₄ (aq)	-909,27	-744,63	20,08

DATU TERMODINAMIKOAK (Jarr.)

Izena	Formula (egoera)	ΔH_f° kJ · mol ⁻¹	ΔG_f° kJ · mol ⁻¹	S° J · K ⁻¹ · mol ⁻¹
Azido sulfuroso	H ₂ SO ₃ (aq)	-608,81	-537,90	232,21
Sufre	S ₂ (g)	128,37	79,33	228,07
Sufre	S(s, erronbiko)	0	0	31,80
Sufre	S(s, monokliniko)	0,33	0,1	32,6
Sufre	S(g)	278,81	238,28	167,71
Sufre dioxido	SO ₂ (g)	-296,83	-300,19	248,11
Sufre trioxido	SO ₃ (g)	-395,72	-371,08	256,65
Sulfuro	S ²⁻ (aq)	33,1	85,8	-14,6
Urre				
Urre	Au(s)	0	0	47,40
Urre	Au(g)	366,10	326,35	180,39
Xenon				
Xenon	Xe(g)	0	0	169,57
Zesio				
Zesio	Cs(s)	0	0	85,23
Zesio	Cs(g)	76,07	49,15	175,49
Zesio	Cs ⁺ (aq)	-258,28	-292,00	133,05
Zilar				
Zilar	Ag(s)	0	0	42,55
Zilar	Ag(g)	284,55	245,68	172,89
Zilar	Ag ⁺ (g)	1019,18	—	—
Zilar	Ag ⁺ (g)	105,58	77,12	72,68
Zilar bromuro	AgBr(s)	-100,37	-96,90	107,11
Zilar ioduro	AgI(s)	-61,84	-66,19	115,48
Zilar kloruro	AgCl(s)	-127,07	-109,80	96,23
Zilar nitrato	AgNO ₃ (s)	-124,39	-33,47	140,92
Zilar nitrato	AgNO ₃ (aq)	-101,80	-34,23	219,24
Zilar oxido	Ag ₂ O(s)	-31,05	-11,21	121,34
Zilar zianuro	AgCN(s)	146,02	156,9	107,19

DATU TERMODINAMIKOAK (Jarr.)

Izena	Formula (egoera)	ΔH_f° kJ · mol ⁻¹	ΔG_f° kJ · mol ⁻¹	S° J · K ⁻¹ · mol ⁻¹
-------	------------------	--	--	--

Zink

Zink	Zn(s)	0	0	41,63
Zink	Zn(g)	130,73	95,18	169,87
Zink	Zn ²⁺ (aq)	-153,89	-147,03	-112,13
Zink kloruro	ZnCl ₂ (s)	-415,05	-369,43	111,46
Zink oxido	ZnO(s)	-348,28	-318,32	43,64
Zink sulfato	ZnSO ₄ (s)	-982,82	-874,46	119,66
Zink sulfuro	ZnS(s, esfarelita)	-205,98	-201,29	57,74

DATU TERMODINAMIKOAK (Jarr.)

II. Substantzia organikoak

Izena	Formula (egoera)	ΔH_f° kJ · mol ⁻¹	ΔG_f° kJ · mol ⁻¹	S° J · K ⁻¹ · mol ⁻¹
-------	------------------	--	--	--

Aldehidoak eta zetonak

Azetaldehido	CH ₃ -CHO(g)	-192,30	-128,20	160,25
Azetona	CH ₃ -CO-CH ₃ (l)	-248,1	-155,4	200,4
Formaldehido	HCHO(g)	-117,15	-112,97	217,66

Alkoholak, fenolak eta eterrak

Dietil eter	C ₂ H ₅ -O-C ₂ H ₅ (l)	-279,57	-	-
Etanol	C ₂ H ₅ OH(l)	-277,69	-174,89	160,67
Fenol	C ₆ H ₅ OH(s)	-165,0	-50,9	146,0
Metanol	CH ₃ OH(l)	-238,66	-166,36	126,78

Azidoak eta esterrak

Azetato	CH ₃ -COO ⁻ (aq)	-486,01	-369,41	86,61
Azido azetiko	CH ₃ COOH(l)	-484,51	-389,95	159,83
Azido azetiko	CH ₃ COOH(aq)	-485,76	-396,64	178,66
Azido bentzoiko	C ₆ H ₅ COOH(s)	-385,1	-245,3	167,6
Azido formiko	HCOOH(l)	-424,72	-361,41	128,95
Azido oxaliko	COOH-COOH(s)	-827,18	-674,04	45,61

Azukreak

α-D-glukosa	C ₆ H ₁₂ O ₆ (s)	-1274	-	-
β-D-glukosa	C ₆ H ₁₂ O ₆ (s)	-1268	-910	212
Sukrosa	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁ (s)	-2222	-1543	360,2

Hidrokarburoak

Bentzeno	C ₆ H ₆ (l)	49,0	124,3	173,3
Bentzeno	C ₆ H ₆ (g)	82,93	129,72	269,31
Butano	C ₄ H ₁₀ (g)	-126,15	-17,03	310,23
1-buteno	C ₄ H ₈ (g)	-0,13	71,39	305,71

DATU TERMODINAMIKOAK (Jarr.)

Izena	Formula (egoera)	ΔH_f° kJ · mol ⁻¹	ΔG_f° kJ · mol ⁻¹	S° J · K ⁻¹ · mol ⁻¹
<i>cis</i> -2-buteno	C ₄ H ₈ (g)	-6,99	65,95	300,94
<i>trans</i> -2-buteno	C ₄ H ₈ (g)	-11,17	63,06	296,59
Etano	C ₂ H ₆ (g)	-84,68	-32,89	229,49
Eteno	C ₂ H ₄ (g)	52,26	68,12	219,45
Etino	C ₂ H ₂ (g)	226,73	209,20	200,91
Hexano	C ₆ H ₁₄ (l)	-198,7	-	204,3
Metano	CH ₄ (g)	-74,81	-50,75	186,15
Metilo	CH ₃ (g)	138,91	-	-
Naftaleno	C ₁₀ H ₈ (s)	78,53	-	-
Pentano	C ₅ H ₁₂ (g)	-146,44	-8,20	348,40
Pentano	C ₅ H ₁₂ (l)	-173,1	-	-
Propano	C ₃ H ₈ (g)	-103,85	-23,49	269,91
Propeno	C ₃ H ₆ (g)	20,42	62,78	267,05
Tolueno	C ₆ H ₅ CH ₃	50,0	122,0	320,7
Ziklopropano	C ₃ H ₆ (g)	53,30	104,45	237,55
Ziklohexano	C ₆ H ₁₂ (l)	-156,0	26,8	-

Konposatu nitrogenatuak

Anilina	C ₆ H ₅ NH ₂ (l)	31,1	-	-
Azetonitrilo	CH ₃ CN(l)	53,56	99,16	149,62
Metilamina	CH ₃ NH ₂ (g)	-22,97	-32,09	243,30
Nitrometano	CH ₃ NO ₂ (l)	-113,09	-14,52	171,75
Urea	CO(NH ₂) ₂ (s)	-333,51	-197,44	104,6

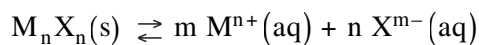
Beste zenbait konposatu

Karbono tetrakloruro	CCl ₄ (l)	-135,44	-65,27	215,98
----------------------	----------------------	---------	--------	--------

Iturriak: "Handbook of Chemistry and Physics", 70th edition; CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 1989; "Physical Chemistry", 4th edition, P.J. Atkins, Oxford Univ. Press, 1990, eta egileen elaborazioa.

4. TAULA

DISOLBAGARRITASUN-BIDERKADURAK



$$K_s = [M^{n+}]^m \cdot [X^{m-}]^n$$

	Substantziaren izena	Formula	K_s
Aluminio	fosfato	$AlPO_4$	$9,83 \cdot 10^{-21}$
	hidroxido	$Al(OH)_3$	$1,0 \cdot 10^{-33}$
Bario	artseniato	$Ba_3(AsO_4)_2$	$8,0 \cdot 10^{-51}$
	fluoruro	BaF_2	$1,7 \cdot 10^{-6}$
	iodato	$Ba(IO_3)_2$	$4,1 \cdot 10^{-9}$
	karbonato	$BaCO_3$	$8,1 \cdot 10^{-9}$
	kromato	$BaCrO_4$	$1,17 \cdot 10^{-10}$
	sulfato	$BaSO_4$	$1,07 \cdot 10^{-10}$
Berun(II)	artseniato	$Pb_3(AsO_4)_2$	$4 \cdot 10^{-36}$
	bromuro	$PbBr_2$	$6,60 \cdot 10^{-6}$
	fluoruro	PbF_2	$7,12 \cdot 10^{-7}$
	fosfato	$Pb_3(PO_4)_2$	$1 \cdot 10^{-42}$
	hidroxido	$Pb(OH)_2$	$1,42 \cdot 10^{-20}$
	iodato	$Pb(IO_3)_2$	$3,68 \cdot 10^{-13}$
	ioduro	PbI_2	$8,49 \cdot 10^{-9}$
	karbonato	$PbCO_3$	$1,46 \cdot 10^{-13}$
	kloruro	$PbCl_2$	$1,17 \cdot 10^{-5}$
	kromato	$PbCrO_4$	$1,6 \cdot 10^{-14}$
	oxalato	PbC_2O_4	$8,51 \cdot 10^{-10}$
	sulfato	$PbSO_4$	$1,82 \cdot 10^{-8}$
	sulfuro	PbS	$9,04 \cdot 10^{-29}$
	tiozianato	$Pb(SCN)_2$	$2,11 \cdot 10^{-5}$

DISOLBAGARRITASUN-BIDERKADURAK (Jarr.)

	Substantziaren izena	Formula	Ks
Bismuto	artseniato	BiAsO_4	$4,43 \cdot 10^{-10}$
	fosfato	BiPO_4	$1,2 \cdot 10^{-23}$
	hidroxido	Bi(OH)_3	$4,0 \cdot 10^{-31}$
	sulfuro	Bi_2S_3	$1,82 \cdot 10^{-99}$
Burdina(II)	fluoruro	FeF_2	$2,36 \cdot 10^{-6}$
	hidroxido	Fe(OH)_2	$4,87 \cdot 10^{-17}$
	karbonato	FeCO_3	$3,07 \cdot 10^{-11}$
	sulfuro	FeS	$1,59 \cdot 10^{-19}$
Burdina(III)	artseniato	FeAsO_4	$6 \cdot 10^{-21}$
	fosfato	FePO_4	$9,92 \cdot 10^{-29}$
	hidroxido	Fe(OH)_3	$2,64 \cdot 10^{-39}$
Estrontzio	artseniato	$\text{Sr}_3(\text{AsO}_4)_2$	$4,29 \cdot 10^{-19}$
	fluoruro	SrF_2	$4,33 \cdot 10^{-19}$
	fosfato	$\text{Sr}_3(\text{PO}_4)_2$	$1 \cdot 10^{-31}$
	iodato	$\text{Sr(IO}_3)_2$	$3,58 \cdot 10^{-7}$
	karbonato	SrCO_3	$5,60 \cdot 10^{-10}$
	kromato	SrCrO_4	$3,6 \cdot 10^{-5}$
	oxalato	SrC_2O_4	$5,6 \cdot 10^{-10}$
	sulfato	SrSO_4	$3,44 \cdot 10^{-7}$
Eztainu(II)	hidroxido	Sn(OH)_2	$5,47 \cdot 10^{-27}$
	sulfuro	SnS	$3,25 \cdot 10^{-28}$
Kadmio	artseniato	$\text{Cd}_3(\text{AsO}_4)_2$	$6 \cdot 10^{-33}$
	fluoruro	CdF_2	$6,44 \cdot 10^{-3}$
	fosfato	$\text{Cd}_3(\text{PO}_4)_2$	$2,53 \cdot 10^{-33}$
	hidroxido	Cd(OH)_2	$5,27 \cdot 10^{-55}$
	iodato	$\text{Cd(IO}_3)_2$	$2,49 \cdot 10^{-15}$
	karbonato	CdCO_3	$6,18 \cdot 10^{-12}$
	sulfuro	CdS	$1,40 \cdot 10^{-29}$

DISOLBAGARRITASUN-BIDERKADURAK (Jarr.)

	Substantziaren izena	Formula	K_s
Kaltzio	arseniato	$\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)$	$6,4 \cdot 10^{-19}$
	fluoruro	CaF_2	$1,46 \cdot 10^{-10}$
	fosfato	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	$2,07 \cdot 10^{-33}$
	hidroxido	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	$4,68 \cdot 10^{-6}$
	iodato	$\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$	$6,47 \cdot 10^{-6}$
	karbonato	CaCO_3	$4,96 \cdot 10^{-9}$
	oxalato	CaC_2O_4	$2,34 \cdot 10^{-9}$
	sulfato	CaSO_4	$7,10 \cdot 10^{-5}$
Kobalto(II)	arseniato	$\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2$	$6,79 \cdot 10^{-29}$
	fosfato	$\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2$	$2,05 \cdot 10^{-35}$
	hidroxido	$\text{Co}(\text{OH})_2$	$5,09 \cdot 10^{-15}$
	iodato	$\text{Co}(\text{IO}_3)_2$	$1,21 \cdot 10^{-2}$
Kobre(I)	bromuro	CuBr	$6,27 \cdot 10^{-9}$
	ioduro	CuI	$1,27 \cdot 10^{-12}$
	kloruro	CuCl	$1,72 \cdot 10^{-7}$
	sulfuro	Cu_2S	$2,26 \cdot 10^{-48}$
	tiozianato	CuSCN	$1,77 \cdot 10^{-13}$
Kobre(II)	arseniato	$\text{Cu}_3(\text{AsO}_4)_2$	$7,93 \cdot 10^{-36}$
	fosfato	$\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$	$1,39 \cdot 10^{-37}$
	hidroxido	$\text{Cu}(\text{OH})_2$	$2,2 \cdot 10^{-20}$
	iodato	$\text{Cu}(\text{IO}_3)_2$	$6,94 \cdot 10^{-8}$
	oxalato	CuC_2O_4	$4,43 \cdot 10^{-10}$
	sulfuro	CuS	$1,27 \cdot 10^{-36}$
Kromo(III)	fosfato	CrPO_4	$2,4 \cdot 10^{-23}$
	hidroxido	$\text{Cr}(\text{OH})_3$	$6 \cdot 10^{-31}$
Litio	karbonato	Li_2CO_3	$8,15 \cdot 10^{-4}$
Magnesio	amonio-fosfato	MgNH_4PO_4	$2,5 \cdot 10^{-13}$
	arseniato	$\text{Mg}_3(\text{AsO}_4)_2$	$2 \cdot 10^{-20}$
	fluoruro	MgF_2	$7,42 \cdot 10^{-11}$

DISOLBAGARRITASUN-BIDERKADURAK (Jarr.)

	Substantziaren izena	Formula	K_s
	fosfato	$Mg_3(PO_4)_2$	$9,86 \cdot 10^{-25}$
	hidroxido	$Mg(OH)_2$	$5,61 \cdot 10^{-12}$
	karbonato	$MgCO_3$	$6,82 \cdot 10^{-6}$
	oxalato	MgC_2O_4	$4,83 \cdot 10^{-6}$
Manganeso(II)	arseniato	$Mn_3(AsO_4)_2$	$2,0 \cdot 10^{-29}$
	hidroxido	$Mn(OH)_2$	$2,06 \cdot 10^{-13}$
	iodato	$Mn(IO_3)_2$	$4,37 \cdot 10^{-7}$
	karbonato	$MnCO_3$	$2,24 \cdot 10^{-11}$
	oxalato	MnC_2O_4	$1,70 \cdot 10^{-7}$
	sulfuro	MnS	$4,65 \cdot 10^{-14}$
Merkurio(I)	bromuro	Hg_2Br_2	$6,41 \cdot 10^{-23}$
	fluoruro	Hg_2F_2	$3,10 \cdot 10^{-6}$
	hidroxido	$Hg_2(OH)_2$	$1,0 \cdot 10^{-23}$
	iodato	$Hg_2(IO_3)_2$	$2,0 \cdot 10^{-14}$
	ioduro	Hg_2I_2	$5,33 \cdot 10^{-29}$
	karbonato	Hg_2CO_3	$3,67 \cdot 10^{-17}$
	kloruro	Hg_2Cl_2	$1,45 \cdot 10^{-18}$
	oxalato	$Hg_2C_2O_4$	$1,75 \cdot 10^{-13}$
	sulfato	Hg_2SO_4	$7,99 \cdot 10^{-7}$
	tiozianato	$Hg_2(SCN)_2$	$3,12 \cdot 10^{-20}$
	zianuro	$Hg_2(CN)_2$	$5,0 \cdot 10^{-40}$
Merkurio(II)	hidroxido	$Hg(OH)_2$	$3,13 \cdot 10^{-26}$
	ioduro	HgI_2	$2,82 \cdot 10^{-29}$
	sulfuro	HgS	$6,44 \cdot 10^{-53}$
Nikel(II)	fosfato	$Ni_3(PO_4)_2$	$4,73 \cdot 10^{-32}$
	hidroxido	$Ni(OH)_2$	$5,47 \cdot 10^{-16}$
	iodato	$Ni(IO_3)_2$	$4,71 \cdot 10^{-5}$
	karbonato	$NiCO_3$	$1,42 \cdot 10^{-7}$
	sulfuro	NiS	$1,07 \cdot 10^{-21}$

DISOLBAGARRITASUN-BIDERKADURAK (Jarr.)

	Substantziaren izena	Formula	K_s
Paladio(II)	sulfuro	PdS	$2,03 \cdot 10^{-58}$
	tiozianato	Pd(SCN) ₂	$4,38 \cdot 10^{-23}$
Platino(II)	sulfuro	PtS	$9,91 \cdot 10^{-74}$
Potasio	perklorato	KClO ₄	$1,05 \cdot 10^{-2}$
Talio(I)	bromuro	TlBr	$3,9 \cdot 10^{-6}$
	iodato	TlIO ₃	$3,1 \cdot 10^{-6}$
	ioduro	TlI	$6,5 \cdot 10^{-8}$
	kloruro	TlCl	$1,9 \cdot 10^{-4}$
	sulfuro	Tl ₂ S	$5 \cdot 10^{-21}$
Zerio(III)	hidroxido	Ce(OH) ₃	$6,3 \cdot 10^{-21}$
	iodato	Ce(IO ₃) ₃	$3,2 \cdot 10^{-10}$
Zilar	artseniato	Ag ₃ AsO ₄	$1,03 \cdot 10^{-22}$
	azetato	AgC ₂ H ₃ O ₂	$1,93 \cdot 10^{-3}$
	bromato	AgBrO ₃	$5,34 \cdot 10^{-5}$
	bromuro	AgBr	$5,35 \cdot 10^{-13}$
	fosfato	Ag ₃ PO ₄	$8,88 \cdot 10^{-17}$
	hidroxido	AgOH	$1,9 \cdot 10^{-8}$
	iodato	AgIO ₃	$3,17 \cdot 10^{-8}$
	ioduro	AgI	$8,51 \cdot 10^{-17}$
	karbonato	Ag ₂ CO ₃	$8,45 \cdot 10^{-12}$
	kloruro	AgCl	$1,77 \cdot 10^{-10}$
	kromato	Ag ₂ CrO ₄	$1,12 \cdot 10^{-12}$
	nitrito	AgNO ₂	$1,6 \cdot 10^{-4}$
	oxalato	Ag ₂ C ₂ O ₄	$5,40 \cdot 10^{-12}$
	sulfato	Ag ₂ SO ₄	$1,20 \cdot 10^{-5}$
	sulfuro	Ag ₂ S	$6,69 \cdot 10^{-50}$
	tiozianato	AgSCN	$1,03 \cdot 10^{-12}$
	zianuro	AgCN	$1,6 \cdot 10^{-14}$

DISOLBAGARRITASUN-BIDERKADURAK (Jarr.)

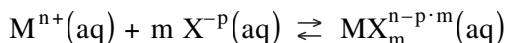
	Substantziaren izena	Formula	K_s
Zink	artseniato	$Zn_3(AsO_4)_2$	$3,12 \cdot 10^{-28}$
	fluoruro	ZnF_2	$3,04 \cdot 10^{-2}$
	fosfato	$Zn_3(PO_4)_2$	$1,0 \cdot 10^{-32}$
	hidroxido	$Zn(OH)_2$	$6,86 \cdot 10^{-17}$
	iodato	$Zn(IO_3)_2$	$4,29 \cdot 10^{-6}$
	karbonato	$ZnCO_3$	$1,19 \cdot 10^{-10}$
	oxalato	ZnC_2O_4	$1,37 \cdot 10^{-9}$
	sulfuro	ZnS	$2,93 \cdot 10^{-25}$

Iturriak: "Handbook of Chemistry and Physics", 70th edition, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 1989.

"Equilibrio Químico", Allen J. Bard, Ed. Del Castillo, Madrid, 1970.

5. TAULA

IOI KONPLEXUEN EGONKORTASUN-KONSTANTEAK



Ioi konplexua	Oreka-erreakzioa	K
Aluminio	EDTA $Al^{3+} + Y^{4-} \rightleftharpoons [AlY]^{-}$	$1,4 \cdot 10^{16}$
	fluoruro $Al^{3+} + 6 F^{-} \rightleftharpoons [AlF_6]^{3-}$	$6,7 \cdot 10^{19}$
	hidroxido* $Al^{3+} + 4 OH^{-} \rightleftharpoons [Al(OH)_4]^{-}$	$2 \cdot 10^{33}$
	oxalato $Al^{3+} + 3 ox^{2-} \rightleftharpoons [Al(ox)_3]^{3-}$	$2 \cdot 10^{16}$
Bario	EDTA $Ba^{2+} + Y^{4-} \rightleftharpoons [BaY]^{2-}$	$5,8 \cdot 10^7$
Berun	azetato $Pb^{2+} + 2 Ac^{-} \rightleftharpoons [Pb(Ac)_2]$	$1,6 \cdot 10^4$
	EDTA $Pb^{2+} + Y^{4-} \rightleftharpoons [PbY]^{2-}$	$1,1 \cdot 10^{18}$
	oxalato $Pb^{2+} + 2 ox^{2-} \rightleftharpoons [Pb(ox)_2]^{2-}$	$3,4 \cdot 10^6$
	zianuro $Pb^{2+} + 4 CN^{-} \rightleftharpoons [Pb(CN)_4]^{2-}$	$1 \cdot 10^{10}$
Burdina(II)	ED $Fe^{2+} + 2 en \rightleftharpoons [Fe(en)_2]^{2+}$	$3,4 \cdot 10^7$
	EDTA $Fe^{2+} + Y^{4-} \rightleftharpoons [FeY]^{2-}$	$2,1 \cdot 10^{14}$
	zianuro $Fe^{2+} + 6 CN^{-} \rightleftharpoons [Fe(CN)_6]^{4-}$	$1 \cdot 10^{37}$
Burdina(III)	EDTA $Fe^{3+} + Y^{4-} \rightleftharpoons [FeY]^{-}$	$1,3 \cdot 10^{25}$
	oxalato $Fe^{3+} + 3 ox^{2-} \rightleftharpoons [Fe(ox)_3]^{3-}$	$1,6 \cdot 10^{20}$
	zianuro $Fe^{3+} + 6 CN^{-} \rightleftharpoons [Fe(CN)_6]^{3-}$	$1 \cdot 10^{42}$

IOI KONPLEXUEN EGONKORTASUN-KONSTANTEAK (Jarr.)

Ioi konplexua		Oreka-erreakzioa	K
Eztainu(IV)	fluoruro	$\text{Sn}^{4+} + 6\text{F}^- \rightleftharpoons [\text{SnF}_6]^{2-}$	$1 \cdot 10^{25}$
Kadmio	amonio	$\text{Cd}^{2+} + 4\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$8,3 \cdot 10^6$
	ED	$\text{Cd}^{2+} + 2\text{en} \rightleftharpoons [\text{Cd}(\text{en})_2]^{2+}$	$1,05 \cdot 10^{10}$
	EDTA	$\text{Cd}^{2+} + \text{Y}^{4-} \rightleftharpoons [\text{CdY}]^{2-}$	$2,9 \cdot 10^{16}$
	hidroxido	$\text{Cd}^{2+} + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons [\text{Cd}(\text{OH})_4]^{2-}$	$1 \cdot 10^{10}$
	ioduro	$\text{Cd}^{2+} + 6\text{I}^- \rightleftharpoons [\text{CdI}_6]^{4-}$	$1 \cdot 10^6$
	oxalato	$\text{Cd}^{2+} + 3\text{ox}^{2-} \rightleftharpoons [\text{Cd}(\text{ox})_3]^{4-}$	$5 \cdot 10^5$
	zianuro	$\text{Cd}^{2+} + 4\text{CN}^- \rightleftharpoons [\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-}$	$7,1 \cdot 10^{18}$
Kaltzio	EDTA	$\text{Ca}^{2+} + \text{Y}^{4-} \rightleftharpoons [\text{CaY}]^{2-}$	$5,0 \cdot 10^{10}$
Kobalto(II)	amonio	$\text{Co}^{2+} + \text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$	$5,4 \cdot 10^4$
	EDTA	$\text{Co}^{2+} + \text{Y}^{4-} \rightleftharpoons [\text{CoY}]^{2-}$	$2,0 \cdot 10^{16}$
	zianuro	$\text{Co}^{2+} + 6\text{CN}^- \rightleftharpoons [\text{Co}(\text{CN})_6]^{4-}$	$1 \cdot 10^{19}$
Kobalto(III)	amonio	$\text{Co}^{3+} + 6\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$	$4,5 \cdot 10^{33}$
	EDTA	$\text{Co}^{3+} + \text{Y}^{4-} \rightleftharpoons [\text{CoY}]^-$	10^{36}
Kobre (I)	amonio	$\text{Cu}^+ + 2\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$	$6,3 \cdot 10^{10}$
	zianuro	$\text{Cu}^+ + 3\text{CN}^- \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{CN})_3]^{2-}$	$2 \cdot 10^{27}$

IOI KONPLEXUEN EGONKORTASUN-KONSTANTEAK (Jarr.)

Ioi konplexua		Oreka-erreakzioa	K
Kobre(II)	amonio	$\text{Cu}^{2+} + 4 \text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$1,1 \cdot 10^{13}$
	ED	$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{en} \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{en})_2]^{2+}$	$4 \cdot 10^{19}$
	EDTA	$\text{Cu}^{2+} + \text{Y}^{4-} \rightleftharpoons [\text{CuY}]^{2-}$	$6,3 \cdot 10^{18}$
	oxalato	$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{ox}^{2-} \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{ox})_2]^{2-}$	$2 \cdot 10^{10}$
	tartrato	$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{tar}^{2-} \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{tar})_2]^{2-}$	$1,3 \cdot 10^5$
	zianuro	$\text{Cu}^{2+} + 4 \text{CN}^- \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{CN})_4]^{2-}$	$1 \cdot 10^{25}$
Magnesio	EDTA	$\text{Mg}^{2+} + \text{Y}^{4-} \rightleftharpoons [\text{MgY}]^{2-}$	$4,9 \cdot 10^8$
	oxalato	$\text{Mg}^{2+} + 2 \text{ox}_2 \rightleftharpoons [\text{Mg}(\text{ox})_2]^{2-}$	$2,4 \cdot 10^4$
Manganeso	ED	$\text{Mn}^{+2} + 2 \text{en} \rightleftharpoons [\text{Mn}(\text{en})_2]^{2+}$	$6,1 \cdot 10^4$
	EDTA	$\text{Mn}^{2+} + \text{Y}^{4-} \rightleftharpoons [\text{MnY}]^{2-}$	$1,1 \cdot 10^{14}$
	oxalato	$\text{Mn}^{+2} + 2 \text{ox}^{2-} \rightleftharpoons [\text{Mn}(\text{ox})_2]^{2-}$	$1,8 \cdot 10^5$
Merkurio	amonio	$\text{Hg}^{2+} + 4 \text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Hg}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$2,5 \cdot 10^{19}$
	bromuro	$\text{Hg}^{2+} + 4 \text{Br}^- \rightleftharpoons [\text{HgBr}_4]^{2-}$	$5 \cdot 10^{21}$
	EDTA	$\text{Hg}^{2+} + \text{Y}^{4-} \rightleftharpoons [\text{HgY}]^{2-}$	$6,3 \cdot 10^{21}$
	ioduro	$\text{Hg}^{2+} + 4 \text{I}^- \rightleftharpoons [\text{HgI}_4]^{2-}$	$1,9 \cdot 10^{30}$
	kloruro	$\text{Hg}^{2+} + 4 \text{Cl}^- \rightleftharpoons [\text{HgCl}_4]^{2-}$	$1,2 \cdot 10^{15}$
	zianuro	$\text{Hg}^{2+} + 4 \text{CN}^- \rightleftharpoons [\text{Hg}(\text{CN})_4]^{2-}$	$3,1 \cdot 10^{41}$

IOI KONPLEXUEN EGONKORTASUN-KONSTANTEAK (Jarr.)

Ioi konplexua		Oreka-erreakzioa	K
Nikel(II)	amonio	$\text{Ni}^{2+} + 6 \text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$	$3,1 \cdot 10^8$
	ED	$\text{Ni}^{2+} + 2 \text{en} \rightleftharpoons [\text{Ni}(\text{en})_2]^{2+}$	$4,8 \cdot 10^{13}$
	EDTA	$\text{Ni}^{2+} + \text{Y}^{4-} \rightleftharpoons [\text{NiY}]^{2-}$	$4,1 \cdot 10^{18}$
	oxalato	$\text{Ni}^{2+} + 2 \text{ox}^{2-} \rightleftharpoons [\text{Ni}(\text{ox})_2]^{2-}$	$3,2 \cdot 10^6$
	zianuro	$\text{Ni}^{2+} + 4 \text{CN}^- \rightleftharpoons [\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$	$1,0 \cdot 10^{31}$
Zilar	amonio	$\text{Ag}^+ + 2 \text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{Ag}[(\text{NH}_3)_2]^+$	$1,7 \cdot 10^7$
	bromuro	$\text{Ag}^+ + 2 \text{Br}^- \rightleftharpoons \text{AgBr}_2^-$	$8,5 \cdot 10^7$
	ED	$\text{Ag}^+ + 2 \text{en} \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{en})_2^+$	$5,0 \cdot 10^7$
	EDTA	$\text{Ag}^+ + \text{Y}^{4-} \rightleftharpoons \text{AgY}^{3-}$	$2,1 \cdot 10^7$
	kloruro	$\text{Ag}^+ + 2 \text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{AgCl}_2^-$	$4 \cdot 10^5$
	zianuro	$\text{Ag}^+ + 2 \text{CN}^- \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{CN})_2^-$	$1,0 \cdot 10^{21}$
Zink	amonio	$\text{Zn}^{2+} + 4 \text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$4,1 \cdot 10^8$
	ED	$\text{Zn}^{2+} + 2 \text{en} \rightleftharpoons [\text{Zn}(\text{en})_2]^{2+}$	$2,3 \cdot 10^{10}$
	EDTA	$\text{Zn}^{2+} + \text{Y}^{4-} \rightleftharpoons [\text{ZnY}]^{2-}$	$3,1 \cdot 10^{16}$
	hidroxido*	$\text{Zn}^{2+} + 4 \text{OH}^- \rightleftharpoons [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$	$4,6 \cdot 10^{17}$
	oxalato	$\text{Zn}^{2+} + 2 \text{ox}^{2-} \rightleftharpoons [\text{Zn}(\text{ox})_2]^{2-}$	$2,3 \cdot 10^7$
	zianuro	$\text{Zn}^{2+} + 4 \text{CN}^- \rightleftharpoons [\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-}$	$1,0 \cdot 10^{18}$

* Oharrak: Konplexu polinuklearrak ere era daitezke.

Laburpenak: Ac = Azetato = CH_3COO^-

ED: en = etilendiamina: $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$

EDTA: Y^{4-} = etilendiaminotetraazetato:

$(-\text{COOCH}_2)_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{COO}^-)_2$

ox^{2-} = oxalato: $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$

tar = tartrato : $-\text{COO}-\text{CHOH}-\text{CHCOH}-\text{COO}^-$

Iturriak: "Equilibrio Químico", Allen, J. Bard, Ed. Del Castillo, Madrid, 1970

"General Chemistry", Ralph H. Petrucci, 5th edition, Macmillan Publ. Co., New York, 1989.

6. TAULA

ERREDUKZIOZKO POTENTZIAL NORMALAK, 298,15 K-ETAN
ORDENA HAZKORREAN PARATUTA

Elektrodoa	Erreakzioa	E°/V
Li ⁺ Li	Li ⁺ + e ⁻ → Li	- 3,0401
K ⁺ K	K ⁺ + e ⁻ → K	- 2,931
Ca ²⁺ Ca	Ca ²⁺ + 2 e ⁻ → Ca	-2,868
Na ⁺ Na	Na ⁺ + e ⁻ → Na	-2,71
Mg ²⁺ Mg	Mg ²⁺ + 2 e ⁻ → Mg	-2,372
Al(OH) ₄ ⁻ , OH ⁻ Al	Al(OH) ₄ ⁻ + 3e ⁻ → Al + 4OH ⁻	-2,328
Al ³⁺ Al	Al ³⁺ + 3 e ⁻ → Al	-1,662
HPO ₃ ²⁻ , OH ⁻ , H ₂ PO ₂ ⁻ Pt	HPO ₃ ²⁻ + 2H ₂ O + 2e ⁻ → H ₂ PO ₂ ⁻ + 3OH ⁻	-1,65
Mn ²⁺ Mn	Mn ²⁺ + 2 e ⁻ → Mn	-1,185
Cd(OH) ₂ , OH ⁻ Cd	Cd(OH) ₂ + 2e ⁻ → Cd + 2OH ⁻	-0,860
OH ⁻ H ₂ (Pt)	2 H ₂ O + 2 e ⁻ → H ₂ + 2 OH ⁻	-0,8277
Zn ²⁺ Zn	Zn ²⁺ + 2 e ⁻ → Zn	-0,7618
S ²⁻ S (Pt)	S + 2 e ⁻ → S ²⁻	-0,47627
Fe ²⁺ Fe	Fe ²⁺ + 2 e ⁻ → Fe	-0,447
Cr ³⁺ , Cr ²⁺ Pt	Cr ³⁺ + e ⁻ → Cr ²⁺	-0,407
Cd ²⁺ Cd	Cd ²⁺ + 2 e ⁻ → Cd	-0,4030
Tl ⁺ Tl	Tl ⁺ + e ⁻ → Tl	-0,336
Br ⁻ , Br ₂ Pb(s) Pb	PbBr ₂ + 2 e ⁻ → 2 Br ⁻ + Pb	-0,284
Co ²⁺ Co	Co ²⁺ + 2 e ⁻ → Co	-0,28
Ni ²⁺ Ni	Ni ²⁺ + 2 e ⁻ → Ni	-0,257
I ⁻ , AgI(s) Ag	AgI + e ⁻ → I ⁻ + Ag	-0,15224
Sn ²⁺ Sn	Sn ²⁺ + 2 e ⁻ → Sn	-0,1375
Pb ²⁺ Pb	Pb ²⁺ + 2 e ⁻ → Pb	-0,1263
Fe ³⁺ Fe	Fe ³⁺ + 3 e ⁻ → Fe	-0,037
D ⁺ D ₂ (Pt)	2 D ⁺ + 2 e ⁻ → D ₂	-0,0034
H ⁺ H ₂ (Pt)	2 H ⁺ + 2 e ⁻ → H ₂	0,0000
Br ⁻ , BrAg(s) Ag	AgBr + e ⁻ → Br ⁻ + Ag	0,07133
Sn ⁴⁺ , Sn ²⁺ Pt	Sn ⁴⁺ + 2 e ⁻ → Sn ²⁺	0,151
Cu ²⁺ , Cu + Pt	Cu ²⁺ + e ⁻ → Cu ⁺	0,153
Cl ⁻ , AgCl(s) Ag	AgCl + e ⁻ → Cl ⁻ + Ag	0,22233
Kalomel-elektrodoa		
KCl-tan saturatua	Hg ₂ Cl ₂ + 2 e ⁻ → 2 Cl ⁻ + 2 Hg	0,2412
	erreferentzia-elektrodo ez-standarda	
Cl ⁻ , Hg ₂ Cl ₂ (s) Hg	Hg ₂ Cl ₂ + 2 e ⁻ → 2 Cl ⁻ + 2 Hg	0,26808

ERREDUKZIOZKO POTENTZIAL NORMALAK, 298,15 K-ETAN (Jarr.)

Elektrodoa	Erreakzioa	E°/V
$\text{Cu}^{2+} \text{Cu}$	$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	0,3419
$\text{Fe}(\text{CN})_6^{2-}, \text{Fe}(\text{CN})_6^{3-} \text{Pt}$	$\text{Fe}(\text{CN})_6^{2-} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$	0,358
$\text{OH}^- \text{O}_2 (\text{Pt})$	$\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^- \rightarrow 4 \text{OH}^-$	0,401
$\text{Cu}^+ \text{Cu}$	$\text{Cu}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	0,521
$\text{I}^- \text{I}_2 (\text{Pt})$	$\text{I}_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{I}^-$	0,5355
$\text{SO}_4^{2-}, \text{Hg}_2\text{SO}_4(\text{s}) \text{Hg}$	$\text{Hg}_2\text{SO}_4 + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{Hg}$	0,6125
$\text{H}_2\text{O}_2, \text{H}^+ \text{O}_2 (\text{Pt})$	$\text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$	0,682
$\text{H}^+, \text{Kinhidrona} \text{Pt}$	$\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2$	0,6992
$\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+} \text{Pt}$	$\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$	0,771
$\text{Hg}_2^{2+} \text{Hg}$	$\text{Hg}_2^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Hg}$	0,7973
$\text{Ag}^+ \text{Ag}$	$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$	0,7994
$\text{Hg}^{2+} \text{Hg}$	$\text{Hg}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Hg}$	0,851
$\text{ClO}^-, \text{OH}^-, \text{Cl}^- \text{Pt}$	$\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cl}^- + 2 \text{OH}^-$	0,89
$\text{Hg}^{2+}, \text{Hg}_2^{2+} \text{Pt}$	$2 \text{Hg}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Hg}_2^{2+}$	0,920
$\text{NO}_3^-, \text{H}^+ \text{NO} (\text{Pt})$	$\text{NO}_3^- + 4 \text{H}^+ + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{NO} + 2 \text{H}_2\text{O}$	0,957
$\text{Br}^- \text{Br}_2 (\text{Pt})$	$\text{Br}_2(\text{l}) + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Br}^-$	1,066
$\text{H}^+ \text{O}_2 (\text{Pt})$	$\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$	1,229
$\text{MnO}_2, \text{H}^+, \text{Mn}^{2+} \text{Pt}$	$\text{MnO}_2 + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}$	1,224
$\text{Ti}^{3+}, \text{Ti}^+ \text{Pt}$	$\text{Ti}^{3+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Ti}^+$	1,252
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}, \text{H}^+, \text{Cr}^{3+} \text{Pt}$	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}^+ + 6 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2\text{O}$	1,333
$\text{Cl}^- \text{Cl}_2 (\text{Pt})$	$\text{Cl}_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Cl}^-$	1,35827
$\text{Au}^{3+} \text{Au}$	$\text{Au}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{Au}$	1,498
$\text{MnO}_4^-, \text{H}^+, \text{Mn}^{2+} \text{Pt}$	$\text{MnO}_4^- + 8 \text{H}^+ + 5 \text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4 \text{H}_2\text{O}$	1,507
$\text{Ce}^{4+}, \text{Ce}^{3+} \text{Pt}$	$\text{Ce}^{4+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ce}^{3+}$	1,61
$\text{SO}_4^{2-}, \text{H}^+, \text{PbO}_2(\text{s}) \text{Pb}$	$\text{PbO}_2 + 4 \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{PbSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$	1,6913
$\text{Au}^+ \text{Au}$	$\text{Au}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Au}$	1,692
$\text{Co}^{3+}, \text{Co}^{2+} \text{Pt}$	$\text{Co}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Co}^{2+}$	1,83
$\text{S}_2\text{O}_8^{2-}, \text{SO}_4^{2-} \text{Pb}$	$\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{SO}_4^{2-}$	2,010
$\text{F}^- \text{F}_2 (\text{Pt})$	$\text{F}_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{F}^-$	2,866

Iturriak: "Handbook of Chemistry and Physics" 70th edition, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 1989.

"Chemistry & Chemical Reactivity", J.C. Kotz eta K.F. Purcell, Saunders College Publ., 1987.

7. TAULA

ERREDUKZIOZKO POTENTZIAL NORMALAK, 298,15 K-ETAN
ELEMENTUEN ORDENA ALFABETIKOAN PARATUTA

Elementua	Erreakzioa	E°/V
Aluminio	$\text{Al}(\text{OH})_4^- + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al} + 4\text{OH}^-$	-2,328
	$\text{AlF}_6^{3-} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al} + 6\text{F}^-$	-2,07
	$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}$	-1,662
Artseniko	$\text{As} + 3\text{H}^+ + 3\text{e}^- \rightarrow \text{AsH}_3(\text{g})$	-0,608
	$\text{HAsO}_2 + 3\text{H}^+ + 3\text{e}^- \rightarrow \text{As}(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}$	0,248
	$\text{H}_3\text{AsO}_4 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{HAsO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	0,559
Banadio	$\text{V}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{V}$	-1,19
	$\text{V}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{V}^{2+}$	-0,256
	$\text{VO}^{2+} + 2\text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{V}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$	0,359
	$\text{V}(\text{OH})_4^+ + 2\text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{VO}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O}$	1,00
Bario	$\text{Ba}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ba}$	-2,906
Berilio	$\text{Be}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Be}$	-1,847
Berun	$\text{HPbO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb} + 3\text{OH}^-$	-0,54
	$\text{PbSO}_4(\text{s}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$	-0,359
	$\text{PbBr}_2(\text{s}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb} + 2\text{Br}^-$	-0,284
	$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}$	-0,1263
	$\text{PbO}_2(\text{s}) + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	1,455
	$\text{PbO}_2(\text{s}) + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{PbSO}_4(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}$	1,6913
	$\text{Pb}^{4+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}^{2+}$	1,693
Bismuto	$\text{Bi}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Bi}$	0,308
	$\text{Bi}_2\text{O}_5(\text{s}) + 10\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{Bi}^{3+} + 5\text{H}_2\text{O}$	1,76
Bromo	$\text{Br}_2(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Br}^-$	1,066
	$\text{BrO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow \text{Br}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	1,423
	$\text{BrO}_3^- + 6\text{H}^+ + 5\text{e}^- \rightarrow 1/2\text{Br}_2(\text{aq}) + 3\text{H}_2\text{O}$	1,482
Burdina	$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$	-0,447
	$\text{Fe}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$	-0,037
	$\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$	-0,358
	$\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$	-0,771
Eztainu	$\text{Sn}(\text{OH})_6^{2-} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{HSnO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 3\text{OH}^-$	-0,93
	$\text{HSnO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn} + 3\text{OH}^-$	-0,91

ERREDUKZIOZKO POTENTZIAL NORMALAK, 298,15 K-ETAN (Jarr.)

Elementua	Erreakzioa	E°/V
	$\text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}$	-0,1375
	$\text{Sn}^{4+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}^{2+}$	0,151
Fluoro	$\text{F}_2(\text{g}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{F}^-$	2,866
	$\text{F}_2(\text{g}) + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{HF}$	3,06
Fosforo	$\text{HPO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{PO}_2^- + 3\text{OH}^-$	-1,65
	$\text{P}(\text{s}) + 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{PH}_3(\text{g}) + 3\text{OH}^-$	-0,87
Hidrogeno	$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-$	-0,8277
	$2\text{D}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{D}_2(\text{g})$	-0,0034
	$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$	0,0000
	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	1,776
Iodo	$\text{I}_2(\text{s}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{I}^-$	0,5355
	$\text{I}_3^- + 2\text{e}^- \rightarrow 3\text{I}^-$	0,536
	$\text{IO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow \text{I}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	1,085
	$\text{IO}_3^- + 6\text{H}^+ + 5\text{e}^- \rightarrow 1/2\text{I}_2(\text{aq}) + 3\text{H}_2\text{O}$	1,195
Kadmio	$\text{Cd}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cd}$	-0,4030
Kaltzio	$\text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ca}$	-2,868
Karbono	$\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2$	0,6992
Kloro	$\text{ClO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{ClO}_2^- + 2\text{OH}^-$	0,33
	$\text{ClO}_4^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{ClO}_3^- + 2\text{OH}^-$	0,36
	$\text{ClO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{ClO}^- + 2\text{OH}^-$	0,66
	$\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cl}^- + 2\text{OH}^-$	0,89
	$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cl}^-$	1,35827
	$\text{ClO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow \text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	1,451
	$\text{ClO}_3^- + 6\text{H}^+ + 5\text{e}^- \rightarrow 1/2\text{Cl}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}$	1,47
Kobalto	$\text{Co}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Co}$	-0,28
	$\text{Co}(\text{OH})_3(\text{s}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Co}(\text{OH})_2(\text{s}) + \text{OH}^-$	0,17
	$\text{Co}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Co}^{2+}$	1,83
Kobre	$\text{Cu}^{2+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^+$	0,153
	$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	0,3419
	$\text{Cu}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	0,520

ERREDUKZIOZKO POTENTZIAL NORMALAK, 298,15 K-ETAN (Jarr.)

Elementua	Erreakzioa	E°/V
Kromo	$\text{CrO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Cr} + 4\text{OH}^-$	-1,27
	$\text{Cr}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cr}$	-0,913
	$\text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Cr}$	-0,744
	$\text{Cr}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Cr}^{2+}$	-0,407
	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	1,333
Lantano	$\text{La}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{La}$	-2,52
Litio	$\text{Li}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Li}$	-3,0401
Magnesio	$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mg}$	-2,372
Manganeso	$\text{Mn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}$	-1,185
	$\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{MnO}_2 (\text{s}) + 4\text{OH}^-$	0,595
	$\text{MnO}_2 (\text{s}) + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	1,224
	$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	1,507
	$\text{Mn}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}$	1,54
Merkurio	$\text{Hg}_2\text{Cl}_2 (\text{s}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Hg} + 2 \text{Cl}^- (\text{KCl sat})$	0,2412
	$\text{Hg}_2\text{Cl}_2 (\text{s}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Hg} + 2 \text{Cl}^-$	0,26808
	$\text{Hg}_2\text{SO}_4 (\text{s}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + 2\text{Hg}$	0,6125
	$\text{Hg}_2^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Hg}$	0,7973
	$\text{Hg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Hg}$	0,851
	$2\text{Hg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Hg}_2^{2+}$	0,920
Nikel	$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni}$	-0,257
Nitrogeno	$\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{NO}_2^- + 2\text{OH}^-$	0,01
	$2\text{NO}_2^- + 3\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow \text{N}_2\text{O} (\text{g}) + 6\text{OH}^-$	0,15
	$\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{NO}_2 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O}$	0,78
	$\text{NO}_3^- + 3\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	0,934
	$\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e}^- \rightarrow \text{NO} (\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}$	0,957
Oxigeno	$\text{O}_2 (\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$	0,401
	$\text{O}_2 (\text{g}) + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$	0,682
	$\text{O}_2 (\text{g}) + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	1,229
	$\text{O}_3 (\text{g}) + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{O}_2 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O}$	2,07

ERREDUKZIOZKO POTENTZIAL NORMALAK, 298,15 K-ETAN (Jarr.)

Elementua	Erreakzioa	E°/V
Platino	$\text{PtCl}_4^{2-} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pt} + 4\text{Cl}^-$	0,73
	$\text{Pt}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pt}$	1,18
Potasio	$\text{K}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{K}$	-2,931
Sodio	$\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}$	-2,71
Sufre	$\text{S (s)} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{S}^{2-}$	-0,47627
	$\text{SO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 8\text{e}^- \rightarrow \text{S}^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}$	0,15
	$\text{SO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow \text{S (s)} + 4\text{H}_2\text{O}$	0,36
	$\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{SO}_4^{2-}$	2,010
Talio	$\text{Tl}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Tl}$	-0,336
	$\text{Tl}^{3+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Tl}^+$	1,252
Uranio	$\text{U}^{4+} + \text{e}^- \rightarrow \text{U}^{3+}$	-0,607
	$\text{UO}_2^{2+} + \text{e}^- \rightarrow \text{UO}_2^+$	0,05
	$\text{UO}_2^+ + 4\text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{U}^{4+} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,62
Urre	$\text{Au}^{3+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Au}^+$	1,401
	$\text{Au}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Au}$	1,498
	$\text{Au}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Au}$	1,692
	$\text{AuO}_2 \text{ (s)} + 4\text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Au}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$	2,51
Xenon	$\text{HXeO} + 3\text{H}_2\text{O} + 6\text{e}^- \rightarrow \text{Xe (g)} + 7\text{OH}^-$	0,9
	$\text{H}_4\text{XeO}_6 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{XeO}_3 \text{ (g)} + 3\text{H}_2\text{O}$	3,0
Zerio	$\text{Ce}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Ce}$	-2,336
	$\text{Ce}^{4+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ce}^{3+}$	1,61
Zesio	$\text{Cs}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Cs}$	-3,026
Zilar	$\text{AgI (s)} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag} + \text{I}^-$	-0,15224
	$\text{AgBr (s)} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag} + \text{Br}^-$	0,07133
	$\text{AgCl (s)} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag} + \text{Cl}^-$	0,22233
	$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$	0,7994
Zink	$\text{ZnO}_2^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn} + 4\text{OH}^-$	-1,21
	$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$	-0,7618

Iturriak: "Handbook of Chemistry and Physics" 70th edition, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 1989.

"Chemistry & Chemical Reactivity", J.C. Kotz eta K.F. Purcell, Saunders College Publ., 1987.

Emaitzak

KONSTANTE FISIKO GARRANTZITSUAK

Izena	Sinboloa	Balorea
Grabitatearen azelerazioa	g	$9,80665 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
Argiaren abiadura, hutsean	c	$2,99792458 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Gasen konstantea	R	$0,0820575 \text{ l} \cdot \text{atm} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ $8,31441 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ $1,98719 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Elektroiaren karga	e ⁻	$-1,6021773 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Elektroi geratuaren masa	m _e	$9,1093897 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
Planck-en konstantea	h	$6,6260755 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
Faraday-ren konstantea	F	$9,648531 \cdot 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$
Boltzmann-en konstantea	k _B	$1,38066 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$

ZENBAIT BALIOKIDETZA ERABILGARRI

1 kaloria =	1 cal =	4,184 J (balore exaktua)
1 elektroi volta =	1 ev =	$1,602189 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
1 atmosfera =	1 atm =	760 mm Hg = 760 torr $101325 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ (exaktua) 101325 Pa 1,01325 bar

Formulazioa

- | | |
|------|---|
| 1.- | b |
| 2.- | a |
| 3.- | d |
| 4.- | c |
| 5.- | b |
| 6.- | a |
| 7.- | a |
| 8.- | d |
| 9.- | d |
| 10.- | a |
| 11.- | a |
| 12.- | c |
| 13.- | b |
| 14.- | b |
| 15.- | a |
| 16.- | b |
| 17.- | c |
| 18.- | b |
| 19.- | d |
| 20.- | c |
| 21.- | b |
| 22.- | a |
| 23.- | c |
| 24.- | d |
| 25.- | a |

I. Estekiometria

A. GALDERAK

I.A.1.- c

I.A.2.- zuzena

I.A.3.- a

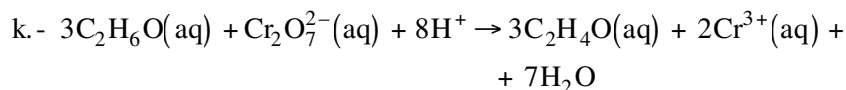
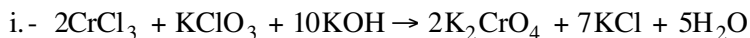
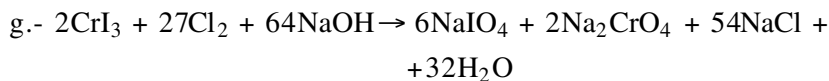
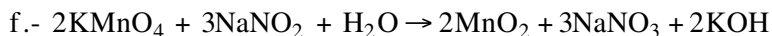
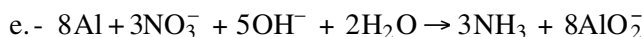
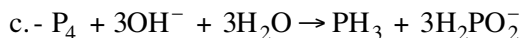
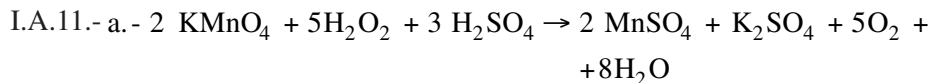
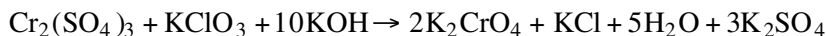
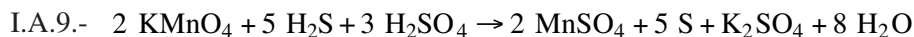
I.A.4.- b

I.A.5.- b

I.A.6.- b

I.A.7.- b

I.A.8.- c



I.A.12.- a

I.A.13.- d

I.A.14.- b, c

I.A.15.- c

I.A.16.- a

I.A.17.- c

I.A.18.- a

I.A.19.- c

I.A.20.- a

I.A.21.- a

I.A.22.- a: 0,800(H); 0,400(S)

b: 13,633 g

c: 0,806 g H; 12,826 g S

 d: $0,4 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}$

 e: $2 \cdot 0,4 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}$ atomo H; $0,4 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}$ atomo S

I.A.23.- a.- okerra

b.- okerra

c.- zuzena

d.- zuzena

e.- okerra

I.A.24.- a

I.A.25.- a

C. PROBLEMAK

I.C.1.- a.- 59,044

 b.- CoCl_2

 c.- CoCl_3

I.C.2.- %95,55

 I.C.3.- $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5$

I.C.4.- Cu: %77,98;

Zn: %6,16;

Pb: %4,59

Sn: %11,27

I.C.5.- 136,53

 I.C.6.- C_2H_6 : %80;

 C_2H_2 : %20

I.C.7.- 51,95;

Cr;

Kromo(III) oxido

 I.C.8.- COH_2 ;

60;

 $\text{C}_2\text{O}_2\text{H}_4$

I.C.9.- 40,75

 I.C.10.- BH_3 ;

 B_2H_6 ;

27,566;

 1,498 g B_2O_3

I.C.11.- 11,259;

3;

 B_2O_3 ;

 BCl_3

 I.C.12.- a: $\text{Al} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaAlO}_2 + \frac{3}{2}\text{H}_2(\text{g})$

 b: 162,53 cm^3

 I.C.13.- $6,30 \cdot 10^5$ l

I.C.14.- a: 356,47 l

 b: $p_{\text{Cl}_2} = p_{\text{H}_2} = 491,25$ mm Hg

I.C.15.- %42,99

I.C.16.- 101,63 kg

I.C.17.- a: 16,81 l;

b: 3,026 l

I.C.18.- C_3H_6

I.C.19.- %50 CO + %50 C_2H_2

I.C.20.- a.- %95,04 b.- 279,31 g c.- 458,65 cm^3

I.C.21.- a.- 50,51 l; b.- 25,177 l

I.C.22.- b.- %9,06

I.C.23.- PbO

I.C.24.- 0,2 cm^2

I.C.25.- Al

II. Gas-egoera

II.C.1.- a.- $d = 1,628 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$

b.- $d = 1,577 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$

c.- $d = 1,488 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$

II.C.2.- $p = 34,4 \text{ mm Hg}$; $4,52 \cdot 10^{-2} \text{ atm}$; $4,58 \cdot 10^3 \text{ Pa}$

II.C.3.- $47,95 \text{ l aire}$

II.C.4.- a.- CO_2 : %15,40; CO : %1,03

O_2 : %8,21; N_2 : %75,36

b.- $V = 991,37 \text{ l}$

c.- CO_2 : $\bar{v} = 393,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ CO : $\bar{v} = 493,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

O_2 : $\bar{v} = 461,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ N_2 : $\bar{v} = 493,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

II.C.5.- a.- $p_{\text{O}_2} = 0,500 \text{ atm}$; $p_{\text{H}_2} = 0,7496 \text{ atm}$

b.- $p = 0,12496 \text{ atm}$

c.- $1,0349 \text{ atm (373}^\circ\text{C)}$; $0,0625 \text{ atm (273,15 K)}$

II.C.6.- a.- $1,256 \text{ l}$; b.- 1 atm ; c.- $0,370 \text{ atm}$

d.- $0,010 \text{ mol}$ e.- $0,010 \text{ mol}$

f.- $0,250 \text{ atm (383 K)}$ $0,185 \text{ atm (283 K)}$

II.C.7.- a.- $32,71 \text{ atm}$; b.- $23,31 \text{ atm}$

II.C.8.- 1010 g

II.C.9.- a.- C_3H_6 ; b.- $x_{\text{C}_3\text{H}_6} = 0,276$

c.- $p_{\text{C}_3\text{H}_6} = 800 \text{ mm Hg}$; $p_{\text{CH}_4} = 2100 \text{ mm Hg}$

II.C.10.- b.- $p_{\text{Ar}} = 1,202 \text{ atm}$; $p_{\text{Cl}_2} = 3,778 \text{ atm}$, $p_{\text{H}_2\text{O}} = 0,022 \text{ atm}$
 c.- $V_{\text{Cl}_2} = 1,982 \text{ l}$; $n_{\text{H}_2\text{O}} = 2,54 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

II.C.11.- a.- $x_{\text{C}_3\text{H}_6} = 0,103$ $x_{\text{CO}_2} = 0,897$
 b.- $p_{\text{C}_3\text{H}_6} = 0,0573 \text{ atm}$ $p_{\text{CO}_2} = 0,499 \text{ atm}$
 c.- $169,3 \text{ J}$

II.C.12.- a.- $7,94 \cdot 10^{-3} \text{ mol N}_2$; $1,45 \cdot 10^{-2} \text{ mol He}$
 b.- $p_{\text{N}_2} = 0,194 \text{ atm}$; $p_{\text{He}} = 0,355 \text{ atm}$
 c.- $\bar{v}_{\text{N}_2} = 515 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $\bar{v}_{\text{He}} = 1363 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

II.C.13.- $81,20 \text{ cm}$

II.C.14.- a.- $5,66 \cdot 10^{-21} \text{ J} \cdot \text{molek}^{-1}$
 b.- $7,73 \cdot 10^{-21} \text{ J} \cdot \text{molek}^{-1}$
 c.- $\bar{v}(0^\circ\text{C}) = 652 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
 $\bar{v}(100^\circ\text{C}) = 762 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

II.C.15.- $1,830 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ b.- Oxigeno-molekula

II.C.16.- a.- $V_{\text{N}_2\text{O}_4}/V_{\text{CH}_4} = 0,421$ b.- $p_{\text{N}_2\text{O}_4} = 0,690 \text{ atm}$;
 $p_{\text{CH}_4} = 1,486 \text{ atm}$; $E_z = 992 \text{ J}$

II.C.17.- a.- E_z ; $c_v(\text{CO}, \text{H}_2, \text{N}_2) = 20,79 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
 $c_v(\text{NH}_3, \text{CH}_4) = 24,79 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
 b.- B_{ai} ; $c_v(\text{CO}, \text{H}_2, \text{N}_2) = 29,10 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
 $c_v(\text{NH}_3) = 74,83 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
 $c_v(\text{CH}_4) = 99,77 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

II.C.18.- a.- 731,7 K b.- 711,7 K

c.- %14,32; %11,20

II.C.19.- a.-

V = 447,5 l			V = 0,3 l		
	ideala	V. der Waals		ideala	V. der Waals
CO ₂	0,05005	0,05004	CO ₂	74,66	47,16
NH ₃	0,05005	0,05004	NH ₃	74,66	38,86

b.-

V = 447,5 l			V = 0,3 l		
	ideala	V. der Waals		ideala	V. der Waals
CO ₂	%0,1	%0,1	CO ₂	%55,5	%1,75
NH ₃	%0,1	%0,1	NH ₃	%91,4	%0,36

II.C.20.-a.- %66,7; b.- %73,8

IV. Zinetika Kimikoa

IV.C.1.- $t = 403 \text{ min}$

IV.C.2.- $v = k [\text{NO}_2 \text{ NH}_2];$ $k = 5,6 \cdot 10^{-3} \text{ min}^{-1}$
 $t_{1/2} = 122 \text{ min}$

IV.C.3.- $v = k [(\text{CH}_3)_2 \text{O}];$ $k = 4,3 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$

IV.C.4.- 1. ordenakoa; $k = 4,9 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$

IV.C.5.- a.- $1/0,365;$ b.- 1
c.- $0,44 \text{ ordu}^{-1}$ d.- $0,824$

IV.C.6.- NO-arekiko , 2. ordenakoa;
 Cl_2 -arekiko, 1. ordenakoa;
ordena totala: 3

IV.C.7.- a.- $v = k [\text{H}_3 \text{ AsO}_4] [\text{I}^-] [\text{H}^+]^2$
 $k = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ mol}^{-3} \cdot \text{l}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
b.- $v_0 = 5,04 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

IV.C.8.- a.- $v = k [\text{NH}_3]$ $k = 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$
b.- $t_{1/2} = 204 \text{ s}$

IV.C.9.- $v = 10 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$

IV.C.10.- $t_{1/2} = 1746 \text{ urte}$

IV.C.11.- a.- $t = 2,01 \cdot A$
b.- $t = 6,67 \cdot A$

IV.C.12.- $V = 14,46 \text{ ml}$

IV.C.13.- Bai, 2. ordenakoa

IV.C.14.- 1. ordenakoa; $k = 4,05 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$

IV.C.15.- a.- 1; $k' = 0,0292 \text{ ordu}^{-1}$
b.- 1; 2; $k = 0,64 \text{ ordu}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{l}$

IV.C.16.- A-rekiko ordena: 1

B-rekiko ordena: 1/2

ordena totala: 3/2

$$k = 10 \text{ mol}^{-1/2} \cdot \text{cm}^{3/2} \cdot \text{s}^{-1}$$

 IV.C.17.- a.- $k [A]^2 \cdot [B]$

$$\text{b.- } k = 7,8 \cdot 10^1 \text{ mol}^{-2} \cdot \text{cm}^6 \cdot \text{s}^{-1}$$

 IV.C.18.- bai; $k_{\text{exp}} = k_3 \cdot k_2 \cdot k_{-2}^{-1} \cdot k_1^{1/2} \cdot k_{-1}^{-1/2}$

$$E_a = E_{a_3} + E_{a_2} - E_{a_{-2}} + \frac{1}{2}E_{a_1} - \frac{1}{2}E_{a_{-1}}$$

 IV.C.19.- $v = k [\text{HNO}_2][\text{NH}_4^+][\text{H}_2\text{O}]^{-1}$

$$k = k_3 \cdot k_1 \cdot k_{-1}^{-1} \cdot k_2 \cdot k_{-2}^{-1}$$

$$E_a = E_{a_3} + E_{a_1} + E_{a_2} - E_{a_{-1}} - E_{a_{-2}}$$

 IV.C.20.- a.- $k_2 \ll k_1$;

$$k = \frac{k_2 \cdot k_1}{k_{-1}}$$

 b.- $k_2 \gg k_{-1}$;

$$k' = k_1$$

 IV.C.21.- $v = k_{\text{exp}} [\text{Hg}]^{1/2} [\text{H}_2]^{1/2} [\text{C}_2\text{H}_4]$

$$k_{\text{exp}} = k_2 \left(\frac{k_1}{k_4} \right)^{1/2}$$

$$E_a = E_{a_2} + \frac{1}{2}E_{a_1} - \frac{1}{2}E_{a_4}$$

IV.C.22.- a.- ordena = 1

$$\text{b.- } k = 6,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}^{-1} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{c.- } E_a = 34,9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

IV.C.23.- 1. ordenakoa;

$$E_a = 25,4 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1};$$

$$k = 8,6 \cdot 10^{-3} \text{ min}^{-1}$$

$$A = 9 \cdot 10^{15} \text{ min}^{-1}$$

IV.C.24.- $k = 0,20 \text{ s}^{-1}$;

$$A = 5,9 \cdot 10^{13} \text{ s}^{-1}$$

IV.C.25.- $E_a = 103 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;

$$A = 3,8 \cdot 10^{13} \text{ s}^{-1}$$

V. Termodinamika

V.C.1.- a.- $-6,37 \text{ kJ}$ b.- $-3,17 \text{ kJ}$

V.C.2.- $p = 0,345 \text{ atm}$ $T = 188,4 \text{ K}$

V.C.3.- a.- $W_{\text{sist}} = 15,91 \text{ kJ}$
 b.- $\Delta H = \Delta E = 0$ $q = 15,91 \text{ kJ}$

V.C.4.- a.- $p_T = 8,153 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
 b.- $\Delta H = -2658,42 \text{ kJ}$
 $\Delta E = q_v = -2665,9 \text{ kJ}$

V.C.5.- a.- $\Delta H^\circ = 12,8 \text{ kcal}$
 b.- $\Delta H^\circ = -12,9 \text{ kcal}$
 c.- $12,9 \text{ cal}$

V.C.6.- $4,583 \cdot 10^5 \text{ kcal}$

V.C.7.- $6,40 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$

V.C.8.- $-7,31 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$

V.C.9.- a.- 423 kcal
 b.- 141 kcal
 c.- $q_p = 423 \text{ kcal};$ $q_v = 421,2 \text{ kcal}$

V.C.10.- a.- $343,27 \text{ g};$ b.- $-14,594 \text{ kcal}$

V.C.11.- $29,4 \text{ kcal}$

V.C.12.- a.- 273 K b.- $m = 34,375 \text{ g}$

V.C.13.- a.- $13,34 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$
 b.- $-781,31 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$

V.C.14.- $\Delta H_{398} = -287,54 \text{ kJ}$

V.C.15.- a.- $\Delta H = -1179,4 \text{ kcal/mol}$ b.- $58,97 \text{ kg}$

V.C.16.- a.- $+170,24 \text{ kcal}$ b.- $T = 369,6 \text{ K}$

V.C.17.- a.- $q = 5,71 \text{ kJ}$ $\Delta S = 19,14 \text{ J/K}$
 b.- $q = 2,23 \text{ kJ}$; $\Delta S = 19,14 \text{ J/K}$

V.C.18.-

	W(kJ)	q(kJ)	$\Delta E(\text{kJ})$	$\Delta H(\text{kJ})$	$\Delta S(\text{J/K})$
a	-0,411	0,411	0	0	3,37
b	-0,328	0,848	0,520	0,848	6,00
c	-0,280	0	-0,280	-0,467	0

V.C.19.- $T_f = 295,7 \text{ K}$; $\Delta S_{\text{izotza}} = 2982 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$
 $\Delta S_{\text{ura}} = -2542 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$

V.C.20.- a.- $T = 305 \text{ K}$; b.- $\Delta S_{\text{Au}} = -1,59 \text{ cal} \cdot \text{K}^{-1}$
 c.- $\Delta S_{\text{ura}} = 1,87 \text{ cal} \cdot \text{K}^{-1}$

V.C.21.- a.- $q_{\text{itzulgarria}} = 346 \text{ J}$; $\Delta S = 1,15 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$
 b.- $q_{\text{itzulezina}} = 187,1 \text{ J}$; $\Delta S = 1,15 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$
 c.- Bai

V.C.22.- a.- $m = 2 \text{ g}$; b.- $\Delta S = 0,045 \text{ cal} \cdot \text{K}^{-1}$
 Espontanea.

V.C.23.- $\Delta G^\circ = 68,12 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $\Delta S^\circ = -53,175 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
 $K = 1,15 \cdot 10^{-12}$

V.C.24.- $\Delta H^\circ = -9,83 \text{ kcal}$; $\Delta G^\circ = -6,81 \text{ kcal}$
 $\Delta S^\circ = -10,13 \text{ cal} \cdot \text{K}^{-1}$
 a.- $\Delta E = -9,83 \text{ kcal}$
 b.- $S_{\text{H}_2\text{O,g}}^\circ = 45,13 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
 c.- $K = 9,88 \cdot 10^4$

V.C.25.- $\Delta H^\circ = 4,0 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$ $\Delta S^\circ = 14,75 \text{ cal} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $\Delta G^\circ = -0,4 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$

V.C.26.- a.- $K = 1,28 \cdot 10^{-4}$; $\Delta G^\circ = 2,22 \cdot 10^4 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$
 b.- $\Delta G = -650 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$
 c.- $\Delta G = 1070 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$

V.C.27.- a.- $\Delta G^\circ = -70,89 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

$\Delta H^\circ = -98,89 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

$\Delta S^\circ = -93,98 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

b.- $K_{(298)} = 2,43 \cdot 10^{12}$; $K_{(600)} = 5,02 \cdot 10^3$

c.- $\Delta G_{298}^\circ = -70,89 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

$\Delta G_{600}^\circ = -42,21 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

V.C.28.- a.- $\Delta H = -32,21 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$

b.- $K = 1,82 \cdot 10^{11}$

V.C.29.- a.- $-30,8 \text{ kcal/mol}$

b.- $T = 138,3^\circ\text{C}$

V.C.30.- a.- Bigarrena

b.- $\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}, \text{g}) = -57,71 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$

c.- lehena: $\Delta G = 44,85 \text{ kcal/mol}$; $K = 1,28 \cdot 10^{-33}$

bigarrena: $\Delta G = -118,82 \text{ kcal/mol}$; $K = 1,41 \cdot 10^{87}$

V.C.31.- a.- $\Delta H_f^\circ = -8,2 \text{ kcal/mol}$

b.- $K = 1,25 \cdot 10^9$

c.- $K = 4,64 \cdot 10^6$; $T = 25^\circ\text{C}$

V.C.32.- $\Delta G = 514,5 \text{ kJ}$

ez-espontanea

VI. Fase-aldaketak

- VI.C.1.- a.- 1,593 atm; b.- 0,020 mol
 c.- 0,636 cm³
- VI.C.2.- a.- $V \geq 20,2$ l; b.- 92 mm Hg
 c.- 61,9 mm Hg
- VI.C.3.- a.- Ez
 b.- Bai; bai
 c.- 303,4 K
 d.- 8 kcal · mol⁻¹
- VI.C.4.- 318 K
- VI.C.5.- 0,39 atm
- VI.C.6.- 330,4 K
- VI.C.7.- 82,57 K; $5,86 \cdot 10^4$ N · m⁻²
- VI.C.9.- 28,38 mm Hg
- VI.C.10.- a.- 501,2 mm Hg; 300 K
 b.- 312,7 K
 c.- 5,74 kJ · mol⁻¹
- VI.C.11.- a.- 4,81 kcal · mol⁻¹
 b.- 3,489 g (2,972 cm³)

VII.C.14.- $M = 100,40$;

$X = 40,16$

VII.C.15.- a.- $y_{\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}} = 0,567$

b.- $x_{\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}} = 0,268$

c.- $\Delta H_v^\circ(\text{C}_2\text{H}_5\text{I}) = 34,79 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

VII.C.16.- $p_{\text{CH}_3\text{OH}} = 254 \text{ mm Hg}$

$p_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 135 \text{ mm Hg}$

VII.C.17.- Ez, $\Delta H > 0$

VII.C.19.- a.- $39,99 \text{ g}$

b.- $66,1 \text{ mm Hg}$

VII.C.20.- $\frac{p_A^\circ}{p_B^\circ} = 3 \text{ (} 25^\circ\text{C)}$

b.- $\frac{p_A^\circ}{p_B^\circ} = 1,52 \text{ (} 100^\circ\text{C)}$

VIII. elektrolitoen disoluzioak

VIII.C.1.- a.- 4520,47 s b.- 0,8521

VIII.C.2.- a.- $\mu_0 = 405,3 \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$
b.- $\alpha = 0,275$

VIII.C.3.- $\alpha = 0,29$

VIII.C.4.- $M = 1,70 \cdot 10^{-5} \text{ mol}^{-1} \cdot \text{l}^{-1}$
 $K_s = 2,89 \cdot 10^{-10}$

VIII.C.5.- $\mu_0(\text{LiCl}) = 114,65 \text{ } \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$

VIII.C.6.- $\alpha = 4,2 \cdot 10^{-2}$; $K_a = 1,66 \cdot 10^{-4}$

VIII.C.7.- $\alpha = 0,272$; $m = 2,021 \text{ g}$

VIII.C.8.- 0,962 m; 100,99°C

VIII.C.9.- 0,852

VIII.C.10.- a.- $\alpha = 0,269$; b.- $\alpha = 0,381$

VIII.C.11.-

	NaCl	NaOH	CaCl ₂	H ₂ SO ₄	ZnSO ₄	Mg(OH) ₂
a.- I =	0,001	0,01	0,15	0,03	0,02	0,003
b.- $\gamma_{\pm}$ =	0,964	0,889	0,403	0,666	0,515	0,880

VIII.C.12.- $\alpha = 0,46$

VIII.C.13.- a- $2,47\text{ cm}^{-1}$
b.- $\text{KCl: } \mu = \Lambda = 141;$ $\text{AgNO}_3: 131\text{ }\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$

VIII.C.14.- a.- $0,864 \text{ cm}^{-1}$
b.- $\alpha = 0,148$ $K = 1,29 \cdot 10^{-3}$

IX. Oreka kimikoa

IX.C.1.- $K_p = 20$

IX.C.2.- $\alpha = 0,619$; $K_p = 2,50$

IX.C.3.- a.- $K_c = 4$;
b.- Azido: 0,097 mol; Ester: 0,903 mol

IX.C.4.- Konposizioa: CO(bolumen): %79,0

IX.C.5.- a.- $\alpha = 0,360$; b.- $p_T = 0,480$ atm

IX.C.7.- $[O_2] = 4,67 \cdot 10^{-7}$ M

IX.C.8.- Bai, nahikoa da.

IX.C.9.- $x_{NH_3} = 0,075$; $x_{N_2} = 0,231$; $x_{H_2} = 0,694$
 $K_p = 7,29 \cdot 10^{-4}$; $K_c = 1,90$

IX.C.10.- $K_p = 3,7 \cdot 10^{-4}$

IX.C.11.- a.- Eskuinera
b.- Eskuinera
c.- Ezkerrera
d.- Ez da aldatuko

IX.C.12.- $[PCl_5] = 0,0135$ M
 $[PCl_3] = 0,0065$ M
 $[Cl_2] = 0,0165$ M

IX.C.13.- Portzentaia: %78,7a

IX.C.14.- Endotermikoa

IX.C.15.- Lehena

$$\text{IX.C.16.- a.- } p_{\text{Cl}_2} = p_{\text{PCl}_3} = 0,814 \text{ atm}; \quad p_{\text{PCl}_5} = 0,372 \text{ atm}$$

$$\text{b.- } K_p = 1,78$$

$$\text{c.- } \%95,1$$

$$\text{d.- } \%48,5$$

$$\text{e.- } 0,097 \text{ atm}$$

$$\text{IX.C.17.- a.- COBr}_2: \%2,7;$$

$$\text{b.- CO: } \%32,5$$

$$\text{IX.C.18.- } K_c = 1,31 \cdot 10^{-4}; \quad K_p = 6,46 \cdot 10^{-3}; \quad p = 2,04 \text{ atm}$$

$$\text{IX.C.19.- } K_p = 1,56 \cdot 10^{-2}; \quad \text{gutxiago}$$

$$\text{IX.C.20.- a.- } [\text{SO}_3] = 1,998 \text{ M}$$

$$\text{b.- } [\text{SO}_2] = 0,504 \text{ M}; \quad [\text{NO}_2] = 0,0044 \text{ M}$$

$$[\text{SO}_3] = 1,996 \text{ M}; \quad [\text{NO}] = 2,096 \text{ M}$$

$$\text{IX.C.21.- a.- } p_{\text{CO}_2} = p_{\text{H}_2} = 1,632 \text{ atm}$$

$$p_{\text{CO}} = 1,648 \text{ atm};$$

$$p_{\text{H}_2\text{O}} = 8,5 \cdot 10^{-3} \text{ atm}$$

$$\text{b.- } K = 168,96$$

$$\text{IX.C.22.- a.- } p_{\text{NOBr}} = 0,147 \text{ atm};$$

$$p_{\text{NO}} = 0,340 \text{ atm}$$

$$p_{\text{Br}_2} = 0,170 \text{ atm}$$

$$\text{b.- } K_p = 0,954$$

$$\text{c.- } \alpha = 0,697$$

$$\text{d.- } p_{\text{NOBr}} = 0,273 \text{ atm};$$

$$p_{\text{NO}} = 0,214 \text{ atm}$$

$$p_{\text{Br}_2} = 0,872 \text{ atm}$$

$$\text{IX.C.23.- a.- } x_{\text{CO}} = 0,763$$

$$\text{b.- } p_{\text{CO}_2} = 0,040 \text{ atm};$$

$$p_{\text{CO}} = 0,627 \text{ atm}$$

$$\text{IX.C.24.- a.- } K = 2 \cdot 10^{-10}$$

$$\text{b.- Ezkerrera}$$

$$\text{c.- } p_{\text{O}_2} = 2,4 \cdot 10^{-8} \text{ mm Hg}$$

$$p_{\text{SO}_2} \approx p_{\text{H}_2\text{S}} \approx p_{\text{H}_2} \approx 120 \text{ mm Hg}$$

IX.C.25.- a.- $\Delta G^\circ = 4,24 \text{ kcal/mol}$

$\Delta H^\circ = 2,26 \text{ kcal/mol}$

$\Delta S^\circ = -5,17 \text{ cal mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

b.- $\text{I}_2\text{-moleak: } 4,22 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

c.- $x_{\text{I}_2} = x_{\text{H}_2} = 0,055; \quad x_{\text{HI}} = 0,890$

IX.C.26.- a.- $n_{\text{Fe}_3\text{O}_4} = 0,069;$

$n_{\text{CO}} = 1,069$

$n_{\text{FeO}} = 3,293$

$n_{\text{CO}_2} = 1,231$

b.- $n_{\text{CO}_2} = 1,231;$

$n_{\text{CO}} = 1,069$

c.- $n_{\text{Fe}_3\text{O}_4} = 0,023;$

$n_{\text{CO}} = 1,023$

$n_{\text{FeO}} = 3,431;$

$n_{\text{CO}_2} = 1,177$

IX.C.27.- a.- Portzentaia: %37,2;

b.- Amoniako: 0,831 mol

c.- Berdin utziko du

IX.C.28.- Konposizioa: CO: %70,3;

CO₂: %29,7

O₂: %1,33 · 10⁻¹⁹

X. Azido-base oreka

X.C.1.- $\text{pH} = 4,65$

X.C.2.- $\text{pH} = 6,89$

$\text{pH} = 7,00$

X.C.3.- $12,1 \text{ g}$

X.C.4.- $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,02 \text{ M}$

X.C.5.- $[\text{OH}^-] = 6,7 \cdot 10^{-4} \text{ M}$

X.C.6.- $\text{pH} = 0,70$

X.C.7.- $\text{pH} = 1,30$

X.C.8.- $[\text{H}_2\text{SO}_4] = 0,09 \text{ M}$

X.C.9.- $\text{pH} = 8,93$

X.C.10.- $\text{pH} = 9,18$

X.C.11.- $V = 5,99 \text{ ml}$

X.C.12.- a.- $\text{pH} = 9,3;$

$[\text{OH}^-] = 2,0 \cdot 10^{-5} \text{ M}$

b.- $8,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

X.C.13.- $[\text{NH}_3] = 9,2 \cdot 10^{-2} \text{ M}$

X.C.14.- $K(\text{BrO}^-) = 5,01 \cdot 10^{-6};$

$K(\text{HBrO}) = 2,0 \cdot 10^{-9}$

X.C.15.- a.- $[\text{OH}^-] = 4,3 \cdot 10^{-4} \text{ M}$

b.- $K_b(\text{NH}_3) = 1,93 \cdot 10^{-5}$

c.- $[\text{OH}^-] = 2,15 \cdot 10^{-5} \text{ M}$

X.C.16.- a.- $8,68 \cdot 10^{-3} \text{ mol HCl-rekin}$

b.- $\text{pH} = 8,27$

c.- $\text{pH} = 8,67$

X.C.17.- a.- $\text{pH} = 2$

b.- $\text{pH} = 9,30; \quad \text{pH} = 9,27; \quad \Delta(\text{pH}) = -0,03$

- X.C.18.- a.- pH = 9,3
b.- $[\text{OH}^-] = 2,50 \cdot 10^{-5} \text{ M}$
c.- masa NaOH = 3,28 g
- X.C.19.- a.- HCl, 0,2 M
b.- 0,154 l
- X.C.20.- pH = 9,6
- X.C.21.- pH = 11,8
- X.C.22.- pH = 10,24
- X.C.23.- a.- pH = 6,28; b.- pH = 5,31
- X.C.24.- a.- pH = 7,35; b.- pH = 7,35
- X.C.25.- pH = 9,22
- X.C.26.- a.- bai; b.- ez
- X.C.27.- pH: 4,046 – 5
- X.C.28.- pH: 4,24 – 6,30
- X.C.29.- a.- $[\text{NH}_3] = 0,025 \text{ M}$; $[\text{NH}_4^+] = 6,71 \cdot 10^{-4} \text{ M}$; pH = 10,83
b.- $[\text{NH}_4^+] = 1,38 \cdot 10^{-2} \text{ M}$;
c.- $[\text{NH}_4^+] = 2 \cdot 10^{-2} \text{ M}$; pH = 5,48
d.- $[\text{NH}_4^+] = 1,61 \cdot 10^{-2} \text{ M}$; pH = 1,71
e.- Metilo - gorria
- X.C.30.- a.- PM = 337,11
b.- pH = 8,76
c.- Fenolftaleina

XI. Disolbagarritasuna

- XI.C.1.- a.- $4,18 \cdot 10^{-2}$ g
b.- $5,76 \cdot 10^{-5}$ g
c.- $5,76 \cdot 10^{-5}$ g
d.- $4,18 \cdot 10^{-2}$ g

- XI.C.2.- a.- Bi^{3+} , Zn^{2+} , Mn^{2+}
b.- $\text{pH} \leq (-0,3) \text{ Bi}^{3+}$;
 $(-0,3) \leq \text{pH} \leq 5,3 \text{ Bi}^{3+}$ eta Zn^{2+}
 $\text{pH} \geq 5,3$ hirurak
c.- Ez
d.- Bai
e.- $\text{pH} < (-0,3) \text{ Bi}^{3+}$
 $1,2 < \text{pH} < 5,3 \text{ Zn}^{2+}$

XI.C.3.- 32,2 mg

XI.C.4.- 24,6 g

XI.C.5.- Bai

XI.C.6.- $[\text{Pb}^{2+}] = 4,1 \cdot 10^{-10}$; $[\text{IO}_3^-] = 0,03 \text{ M}$

XI.C.7.- $[\text{Al}^{3+}] = 1,1 \cdot 10^{-17}$

XI.C.8.- Ez

- XI.C.9.- a.1.- $7,5 \cdot 10^{-21} \text{ M}$
a.2.- $4,0 \cdot 10^{-13} \text{ M}$
b.1.- Ez
b.2.- Bai

XI.C.10.- $7,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

XI.C.11.- $3,6 \cdot 10^{-24} \text{ M}$

XI.C.12.- Ez

XI.C.13.- %50a

XI.C.14.- $K_s(\text{PbCl}_2) = 1,6 \cdot 10^{-5}$

XI.C.15.- a.- $2,3 \cdot 10^{-3} \text{ M}$
b.- $7,2 \cdot 10^{-2} \text{ M}$

XI.C.16.- a.- AgCl
b.- $[\text{Cl}^-] = 3,8 \cdot 10^{-5}$; $[\text{Ag}^+] > 4,7 \cdot 10^{-6}$

XI.C.17.- a.- $\text{A}^+, \text{C}^{3+}$
b.- $[\text{A}^+] = 7,1 \cdot 10^{-7} \text{ M}$; $[\text{C}^{3+}] = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ M}$
c.- Bakarrik A^+ -arena.

XI.C.18.- $1,4 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$

XI.C.19.- $3,7 \cdot 10^{-2} \text{ mol litroko}$

XI.C.20.- a.- 0,98
b.- 0,099

XI.C.21.- a.- $[\text{Pb}^{2+}] = 5,0 \cdot 10^{-2}$; $[\text{SO}_4^{2-}] = 3,6 \cdot 10^{-7}$; %50a
b.- $[\text{Pb}^{2+}] = [\text{SO}_4^{2-}] = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ M}$; %0,1a

XI.C.22.- a.- ZnS, bai
b.- $\text{Ni}^{2+} = 10^{-33} \text{ M}$; $\text{Zn}^{2+} = 5,8 \cdot 10^{-25} \text{ M}$
c.- Zn: %0,006; Ni: %100

XI.C.23.- a.- pH = 9,2
b.- $[\text{Fe}^{3+}] = 7,2 \cdot 10^{-25} \text{ M}$

XII. Oxidazio-erredukzio oreka

XII.C.2.- a.- 1,105 V; b.- 1,105 V

XII.C.3.- a.- $\text{Mg} \mid \text{Mg}^{2+} \parallel \text{Al}^{+3} \mid \text{Al}$
c.- $E^\circ = 0,71 \text{ V}$

XII.C.4.- a.- $\text{Co} \mid \text{Co}^{2+} \parallel \text{Cl}^- \mid \text{Cl}_2(\text{Pt})$
b.- $-0,27 \text{ V}$
c.- $+1,69 \text{ V}$

XII.C.5.- a.- $-0,059\text{ V}$
b.- $-0,127\text{ V}$

XII.C.6.- a.- $[H_2O_2] = 0,122 \text{ M}$
b.- $V(K_2Cr_2O_7) = 0,156 \text{ l}$
c.- $V(H_2SO_4) = 0,181 \text{ cm}^3$

XII.C.7.- a.- 0,287 V
b.1.- 0,424 V (espontanea)
b.2.- -0,098 V (ez-espontanea)
c.- $K = 3,92 \cdot 10^{11}$

XII.C.8.- a.- $\text{pH} = 2,73$
b.- $K_a = 1,77 \cdot 10^{-5}$

XII.C.9.- Purutasuna: %99a

XII.C.10.- 0,224 V

XII.C.11:- a.- Potenziala $\geq 0,622 \text{ V}$
b.- Potenziala $> -0,617 \text{ V}$

XII.C.12.- a.- Eskuinera
b.- $K_S = 1,5 \cdot 10^{-5}$

XII.C.13.- $2 \text{Fe} + 3 \text{Sn}^{4+} \rightarrow 2 \text{Fe}^{3+} + 3 \text{Sn}^{2+}$; $E = 0,172 \text{ V}$

XII.C.14.- a.- $\text{Ag}^+(0,1 \text{ M}) \rightarrow \text{Ag}^+(0,01 \text{ M})$
 b.- 0,059 V
 c.- 4340 C

XII.C.15.- 1,3 V; 0,83; 1,50 V-tik 1,12 V-ra

XII.C.16.- $K_s(\text{AgCl}) = 1,73 \cdot 10^{-10}$

XII.C.17.- a.- 0,740 V

b.- 0,625 V

c.- 0,516 V; 0,401 V

XII.C.18.- a.- 0,262 V

b.- 0,478 V

c.- 0,957 V

XII.C.19.- b.- 0,56 V

c.- $9,6 \cdot 10^{18}$

d.- $\Delta G^\circ = -26 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$

e.- $E = 0,65 \text{ V}$

f.- 0,61 V

XII.C.20.- $\text{pH} < 6,2$

XII.C.21.- a.- 0,150 V;

pH azidotan

b.- 1,059 V;

pH-a handia gotzerakoan, indar oxidatzailea gutxitu egiten da.

c.- 1930 C

KONSTANTE FISIKO GARRANTZITSUAK

Izena	Sinboloa	Balorea
Grabitatearen azelerazioa	g	9,80665 m · s ⁻²
Argiaren abiadura, hutsean	c	2,99792458 · 10 ⁸ m · s ⁻¹
Gasen konstantea	R	0,0820575 l · atm · K ⁻¹ · mol ⁻¹ 8,31441 J · mol ⁻¹ · K ⁻¹ 1,98719 cal · mol ⁻¹ · K ⁻¹
Elektroiaren karga	e ⁻	-1,6021773 · 10 ⁻¹⁹ C
Elektroi geratuaren masa	m _e	9,1093897 · 10 ⁻³¹ kg
Planck-en konstantea	h	6,6260755 · 10 ⁻³⁴ J · s
Faraday-ren konstantea	F	9,648531 · 10 ⁴ C · mol ⁻¹
Boltzmann-en konstantea	k _B	1,38066 · 10 ⁻²³ J · K ⁻¹

ZENBAIT BALIOKIDETZA ERABILGARRI

1 kaloria =	1 cal =	4,184 J (balore exaktua)
1 elektroi volta =	1 ev =	1,602189 · 10 ⁻¹⁹ J
1 atmosfera =	1 atm =	760 mm Hg = 760 torr 101325 N · m ⁻² (exaktua) 101325 Pa 1,01325 bar