

Kimika orokorreko eskuliburua

Josu Lopez-Gazpio

Liburu honek UPV/EHUko Euskararen Arloko
Errektoreordetzaren laguntza jaso du

© Udako Euskal Unibertsitatea

© Josu Lopez-Gazpio

UEUren ISBNa: 978-84-8438-568-4

Lege-gordailua: BI-1769-2015

Inprimategia: PRINTHAUS S.L., Bilbo

Azalaren diseinua: Igor Markaida Uriagereka

Hizkuntza-zuzenketen arduraduna: Ander Altuna Gabiola

Banatzaileak: UEU. Erribera 14, 1, D BILBO. Telf. 946790546

Helbide elektronikoa: argitalpenak@ueu.eus

www.ueu.eus

Euskal Herriko Unibertsitatea

Helbide elektronikoa: argitalpenak@ehu.eus

www.ehu.eus/argitalpenak

Elkar Banaketa: Igerabide, 88 DONOSTIA

Galarazita dago liburu honen kopia egitea, osoa nahiz zatikakoa, edozein modutara delarik ere, edizio honen Copyright-jabeen baimenik gabe.

*Esker ona
Udako Euskal Unibertsitateari
eta Euskal Herriko Unibertsitateari,
euskarazko ikasmaterialgintza sustatzeko
egiten duten lanagatik*

Aurkibidea

HITZAURREA	7
1. FORMULAZIOA ETA NOMENKLATURA	9
1.1. Sarrera.....	9
1.2. Nomenklatura sistemak	10
1.3. Substantzia sinpleak	11
1.4. Hidrogenoaren konbinazio bitarrak	12
1.5. Oxigenoaren konbinazio bitarrak	14
1.6. Hidroxidoak	16
1.7. Oxoazidoak.....	17
1.8. Gatzak	18
1.9. Ariketak	21
2. ERREDOX ERREAKZIOAK	27
2.1. Oxidazio- eta erredukzio-erreakzioak.....	27
2.2. Ioi-elektroi metodoa.....	31
2.3. Erredox balorazioak	39
2.4. Erredukzio-potentzial estandarrak	40
2.5. Ebatzitako ariketak.....	42
2.6. Ariketak.....	54
3. OREKA KIMIKOA	57
3.1. Erreakzio itzulgarriak.....	57
3.2. K_c oreka-konstantea.....	58
3.3. Disoziazio-maila	63
3.4. Erreakzio-zatidura.....	64
3.5. K_p oreka-konstantea	65
3.6. Le Châtelier-en printzipioa	69
3.7. Ebatzitako ariketak.....	73
3.8. Ariketak.....	91

4. HAUSPEATZE-ERREAKZIOAK.....	95
4.1. K_s oreka-konstantea.....	95
4.2. Disolbagarritasuna	98
4.3. K_s -ren eta S -ren arteko erlazioa.....	98
4.4. Sakontzen: ioi komunaren efektua.....	99
4.5. Ebatzitako ariketak.....	99
4.6. Ariketak.....	101
5. AZIDO-BASE ERREAKZIOAK.....	103
5.1. Azidoak eta baseak	103
5.2. Azidoen eta beseen indarra: ionizazio-konstantea	107
5.3. Uraren autoionizazioa	112
5.4. Ur-disoluzioen pH-a.....	114
5.5. Gatzen hidrolisia	121
5.6. Disoluzio erregulatzaileak	126
5.7. Azido-base neutralizazioak.....	128
5.8. Ebatzitako ariketak.....	135
5.9. Ariketak.....	147
AZKEN HITZA	153
BIBLIOGRAFIA.....	155

Hitzaurrea

1936an Gabriel Jauregik idatzitako *Kimia* liburu historikotik urte asko pasa behar izan zuten arren, anitz dira Kimikari buruz idatzitako unibertsitate mailako liburuak. inguma.eus datu-basean izenburuan kimika hitza duten liburuak bilatzeko kontsulta egiten badugu, 28 erreferentzia lortzen dira: Jazinto Iturbek 1977an UEUn argitaratutako *Kimika* liburutik hasita eta UPV/EHUK 2015ean argitaratutako *Kimika ez-organiko aurreratua* liburuan amaituta. Kimika gaitzat hartuta 60 liburu (horietako batzuk jakintza-arloen artekoak). Mota guztietako liburuak daude, orokorrak zein espezializatuak, lodiak zein laburrak, eskuliburuak, hiztegiak zein dibulgaziozkoak (zilegi bekit harribitxi bat aipatzea: *Usainak eta perfumeak: literaturatik kimikara*, sarean eskuragarri dagoena).

Zorionez gaur egun kimikaz euskaraz idazteak ez du garai batean zuen zailtasuna. Liburu honen hasieran argi ikus daitekeenez, nomenklatura eta formulazioa ondo finkatuta daude, arloko irakasle eta ikertzaile euskaldunen lanari eta, bereziki, argitaratutako liburuei esker.

Josu Lopez-Gazpio ikertzaile eta irakaslearen liburu hau testuinguru horretan dator, nahiko landuta dagoen gai bat azaltzen du, baina haren balio nagusia bi ezaugarri garrantzitsutan bilatu behar da, garaira eta ikasleen beharretara egokituta dago-eta. Ohiko liburuetan aurkitzen ditugun ezaugarriez gain, ikasketa-plangintza zein ebaluazio-sistema berriak kontuan hartzen ditu; eta garrantzi berezia ematen die ebatzitako adibideei eta egin beharreko ariketei. Mota honetako liburuak dira gaur egun eskaera handien dutenak, eta horregatik ziur naiz liburu hau oso arrakastatsua izango dela.

Ez dut aipatu gabe utzi nahi egilearen meritua halako proiektu handi bat burutzean. Ezaguna denez, ikertzaile gazteen egoera Euskal Herrian oso prekariora da, eta orokorrean euskarazko produkzioa ez da sartzan gehien saritzen diren arlotan. Gainera, Josuk, ohiko produkzio unibertsitarioaz gain, dibulgazioan ere lan interesgarrien egilea da. Adibide gisa, *Elhuyar* aldizkarian argitaratutako «Maillard jaunaren patata frijituak» izeneko artikulua kontsulta daiteke sarean. Beraz, nire eskerrik beroenak Josuri egindako ekarpenegatik.

Bukatzeko azpimarratu nahi dut UPV/EHU eta UEUren arteko lankidetzaren emaitza bikaina dela liburu hau. Lankidetzaren hori areagotu egin behar dela uste dugu bi erakundeetan eta horretan dihardugu.

Iñaki Alegria
UEUko zuzendaria

1. Formulazioa eta nomenklatura

1.1. SARRERA

Kimikaz hitz egiteko, nahitaezkoa da haren hizkuntza ezagutzea. Hizkuntza horretan, bi atal garrantzitsu bereizten dira: *formulazioa* elementu eta konposatu kimikoak idazteko sistema da, eta *nomenklatura*, berriz, elementuak eta konposatuak izendatzeko era. Formulazio- eta nomenklatura-arauak IUPAC erakundeak finkatzen ditu, eta irizpide horietan jarraituko diegu. Esan behar da eskuliburu honetan konposatu garrantzitsuenak izendatzeko irizpideak bakarrik emango direla eta, hortaz, ez dituela izango formulazio- eta nomenklatura-liburu batean aurki daitezkeen xehetasun guztiak. Hortaz, ariketak ebazteko interesgarriak diren argibideak azalduko dira, nagusiki.

Oro har, konposatu baten formula idazteko, bertan dauden elementuen sinboloak eta oxidazio-zenbakiak edo balentziak ezagutu behar dira. Balentzia zenbaki oso eta positiboa da, eta haren bidez adierazten da elementu kimiko batek truka dezakeen elektroien kopurua. Esaterako, sodioaren balentzia 1 da, elektroien bat truka dezakeelako. Oxidazio-zenbakia antzekoa da, baina positiboa zein negatiboa izan daiteke. Zeinua positiboa bada, elektroien galtzeko joera adierazten da, eta negatiboa bada, berriz, elektroien jasotzeko joera adierazten da. Sodioaren oxidazio-zenbakia +1 da, elektroien bat galtzeko joera duelako (horrela gas nobleen konfigurazio elektronikoa du). Oro har (salbuespen asko daude errealitatean), taula periodikoa oinarritzat hartuta, hauek dira elementuen oxidazio-zenbaki arruntenak:

+1	+2	Trantsizio- metalak	+3 -3	+2, +4 -4	+1, +3, +5 -3	+2, +4, +6 -2	+1, +3, +5, +7 -1	0
H (+1, -1)								He
Li	Be		B	C	N	O (-2)	F	Ne
Na	Mg		Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca		Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr		In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba		Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra							

Taulan kasurik arruntenak bakarrik jaso dira, baina badaude hainbat salbuespen eta kasu berezi. Garrantzitsuenak aurrerago aipatuko dira. Ohar zaitez metal alkalino guztiek +1 oxidazio-zenbakia dutela, eta lurralkalinoek, aldiz, +2. Baldintza arruntetan gas nobleak ez dira beste elementuekin konbinatzen eta, hortaz, haien oxidazio-zenbakia 0 da. Trantsizio-metal garrantzitsuenen kasuan, hauek dira oxidazio-zenbaki arruntenak:

Fe, Co, Ni: +2, +3

Cu, Hg: +1, +2

Zn, Cd: +2

Pd, Pt: +2, +4

Ag: +1

Au: +1, +3

Cr: +2, +3, +6

Mn: +2, +3, +4, +6, +7

1.2. NOMENKLATURA-SISTEMAK

Arau batzuk zaharkituta badaude ere, hiru nomenklatura mota aztertuko ditugu: nomenklatura funtzionala (edo tradizionala), nomenklatura sistematikoa eta stock nomenklatura. Nomenklatura funtzionalaren izenetan bi atal bereizten dira: atal orokorra (funtzioa adierazten duena) eta atal espezifikoa (espezie kimikoa adierazten duena). Atal espezifikoa elementuaren izenaren erroto hasita idazten da, aurrizki edo atzizkiak gehituz. Azken horiek elementuak duen eta izan ditzakeen oxidazio-zenbakien menpe daude. Oro har, oxidazio-zenbaki txikienetik handienera antolatuta:

Oxidazio-zenbaki posibleak:	1	2	3	4
Hipo-(...)-oso			X	X
(...)-oso		X	X	X
(...)-iko	X	X	X	X
Per-(...)-iko				X

Esaterako: kloroak 4 oxidazio-zenbaki positibo posible ditu, beraz, +3 zenbakiari (...) -iko dagokio. Nitrogenoak 3 oxidazio-zenbaki positibo posible ditu, beraz, +1 zenbakiari (posible direnen artean txikiena) hipo-(...) -oso dagokio.

Nomenklatura sistematikoari dagokionez, substantzia jakin batean parte hartzen duten osagaien izaera eta proportzioak adierazten dira. IUPACek hobesten duen nomenklatura mota zaio. Proportzioak adierazteko, elementu bakoitzari dagokion aurrizkia jartzen da: 1 (mono), 2 (di), 3 (tri), 4 (tetra), 5 (penta), 6 (hexa), 7 (hepta), 8 (okta), 9 (nona), 10 (deka), eta abar.

Azkenik, stock nomenklatura sisteman, elementuaren izenaren ondoren eta parentesien artean balentzia adierazten da, zenbaki erromatarrez. Esate baterako, Fe_2O_3 konposatua honela izendatzen da hiru sistemen arabera:

Nomenklatura funtzionala: oxido ferrikoa.

Nomenklatura sistematikoa: diburdina trioxidoa.

Stock nomenklatura: burdina(III) oxidoa.

Ohar zaitez elementu batzuek latinezko izena hartzen dutela aurrizki eta atzizkiak gehitzean: sufrea (sulfur-), kobrea (kupr-), urrea (aur-), zilarra (argent-), burdina (ferr-), beruna (plumb-).

1.2.1. Konposatuen sailkapena

Eskuliburu honetan konposatu ez-organikoen formulazioa eta nomenklatura aztertuko ditugu, sailkapen honen arabera:

- Substantzia sinpleak.
- Hidrogenoaren konbinazio bitarrak: hidruro metalikoak eta ez-metalikoak.
- Oxigenoaren konbinazio bitarrak: oxidoak (metalikoak eta ez-metalikoak) eta peroxidoak.
- Hidroxidoak.
- Oxoazidoak.
- Gatzak: neutroak (gatz bitarrak eta oxogatzak) eta gatz azidoak.

1.3. SUBSTANTZIA SINPLEAK

Substantzia sinpleak elementu kimiko beraren atomoz osatuta dauden substantzia puruak dira. Ohar zaitez substantzia sinpleak ez daudela beti atomo bakar batez osatuta. Nomenklatura sistematikoan molekula osatzen duten atomo kopurua aurrizkien bidez adierazten da. Kasu askotan, izen tradizionalak edo arruntak mantentzen dira.

Elementu batzuk atomo kopuru desberdinak dituzten substantzia sinpleetan aurki daitezke: horiei forma alotropiko deritze.

Kontuz elementu diatomikoekin; izan ere, oso ohikoak dira kimikako ariketak egiten direnean. Gogoan izan elementu hauek diatomikoak direla: O_2 , H_2 , N_2 , F_2 , Cl_2 , Br_2 eta I_2 idatzi behar dira beti.

Substantzia	N. tradizionala (izen arrunta)	N. sistematikoa
Fe	Burdina	Monoburdina
Si	Silizioa	Monosilizioa
O	-	Monooxigenoa
O_2	Oxigenoa	Dioxigenoa
O_3	Ozonoa	Trioxigenoa
H_2	Hidrogenoa	Dihidrogenoa
N_2	Nitrogenoa	Dinitrogenoa
F_2	Fluorra	Difluorra
Cl_2	Kloroa	Dikloroa
Br_2	Bromoa	Dibromoa
I_2	Iodoa	Diiodoa
P_4	Fosforo zuria	Tetrafosforoa
S_8	-	(Ziklo)oktasufrea
S_n	-	Polisufrea (n ezezaguna)

1.4. HIDROGENOAREN KONBINAZIO BITARRAK

Hidrogenoak hainbat konposatu bitar (alegia, bi elementuz osatuta daudenak) ematen ditu. Bi talde handitan sailkatuko ditugu: hidruro metalikoak (hidrogenoa + metala) eta hidruro ez-metalikoak (hidrogenoa + ez-metala). Era berean, azken talde horretan hidrazidoen taldea bereiziko da.

1.4.1. Hidruro metalikoak

Hidruro metalikoak elementu metaliko batez eta hidrogenoz osatuta daude. Halakoetan, hidrogenoaren oxidazio-zenbakia -1 da (alegia, 1 balentzia), eta metalak oxidazio-zenbaki positiboa du. Formulatzean,



egitura orokorrari jarraitu behar zaio. Hidrogenoaren balentzia 1 denez, metalak ez du azpiindizirik.

Izendatzean, metalaren izena eta, ondoren, *hidruro* hitza eman behar dira. Metalak oxidazio-zenbaki posible bat baino gehiago badu, parentesien artean eta zenbaki erromatarrez adierazi behar da zenbakia zein den. Nomenklatura funtzionalean, berriz, izena *hidruro* hitzarekin hasten da eta, ondoren, metalaren izena (dagokion atzizkiarekin). Nomenklatura sistematikoan *mono-* aurrizkia ez da idazten (salbuespena oxidoen kasua da, aurrerago ikusiko dugunez). Azter ditzagun adibide batzuk:

Substantzia	N. funtzionala	Stock	N. sistematikoa
PbH ₂	Hidruro plumbosoa	Berun(II) hidruroa	Berun dihidruroa
PbH ₄	Hidruro plumbikoa	Berun(IV) hidruroa	Berun tetrahidruroa
CuH	Hidruro kuprosoa	Kobre(I) hidruroa	Kobre (mono)hidruroa
CuH ₂	Hidruro kuprikoa	Kobre(II) hidruroa	Kobre dihidruroa
NaH	Hidruro sodikoa	Sodio hidruroa	Sodio hidruroa
CaH ₂	Hidruro kaltzikoa	Kaltzio hidruroa	Kaltzio dihidruroa
AlH ₃	Hidruro aluminikoa	Aluminio hidruroa	Aluminio trihidruroa

1.4.2. Hidruro ez-metalikoak

Ez-metalak ere hidrogenoarekin konbinatzen dira konposatu bitarrak emateko. Bi kasu azaldu behar dira: hidruro ez-metalikoak (ez-metalak 16. edo 17. taldekoa ez denean) eta hidrazidoak (metalak 16. edo 17. taldekoa denean).

Hidruro ez-metalikoen kasuan, hidrogenoaren oxidazio-zenbakia +1 da eta ez-metalak beti oxidazio-zenbaki negatiboa du. Formulaztean,



egitura orokorrari jarraitu behar zaio. Izendatzean, talde honetako konposatuen kasuan izen arruntak asko erabiltzen dira. Taulan jaso dira hidruro ez-metaliko arruntak.

Substantzia	N. tradizionala	IUPACek onartutakoa	N. sistematikoa
CH ₄	Metanoa	Metanoa	Karbono tetrahidruroa
SiH ₄	Silanoa	Silanoa	Silizio tetrahidruroa
NH ₃	Amoniakoa	Amoniakoa	Nitrogeno trihidruroa
PH ₃	Fosfina	Fosfanoa	Fosforo trihidruroa
AsH ₃	Artsina	Artsanoa	Artseniko trihidruroa
SbH ₃	Estibina	Estibanoa	Antimonio trihidruroa
BH ₃	Boranoa	Boranoa	Boro trihidruroa

Hidrazidoen kasuan (hidrogeno haluro izena ere badute), hidrogenoa 16. (S, Se edo Te) edo 17. (F, Cl, Br, I) taldeko elementu batekin konbinatzen da. Formulatzean, hidrogenoa aurretik idazten da. Izendatzeko *hidrogeno (...)-uro* egiturari jarraitzen zaio eta, konposatuok uretan disolbatuta daudenean, *azido (...)-hidriko* moduan izendatzen dira. Taulan jaso dira hidrazido arruntenak.

Substantzia	N. funtzionala	N. sistematikoa	Uretan disolbatuta
H ₂ S	Hidrogeno sulfuroa	Dihidrogeno sulfuroa	Azido sulfhidrikoa
H ₂ Se	Hidrogeno seleniuroa	Dihidrogeno seleniuroa	Azido selenhidrikoa
H ₂ Te	Hidrogeno telururoa	Dihidrogeno telururoa	Azido telurhidrikoa
HF	Hidrogeno fluorua	Hidrogeno fluorua	Azido fluorhidrikoa
HCl	Hidrogeno kloruroa	Hidrogeno kloruroa	Azido klorhidrikoa
HBr	Hidrogeno bromuroa	Hidrogeno bromuroa	Azido bromhidrikoa
HI	Hidrogeno ioduroa	Hidrogeno ioduroa	Azido iodhidrikoa

1.5. OXIGENOAREN KONBINAZIO BITARRAK

Oxigenoa metalekin zein ez-metalekin konbina daiteke, oxido metalikoak eta oxido ez-metalikoak emateko. Azken horiek lehen anhidrido moduan ezagutzen baziren ere, IUPACen azken arauak ez dute izen hori erabiltzea gomendatzen.

1.5.1. Oxido metalikoak

Oxido metalikoak elementu metaliko batez eta oxigenoz osatuta daude. Oxigenoaren oxidazio-zenbakia -2 da (alegia, 2 balentzia), eta metalak oxidazio-zenbaki positiboa du. Formulatzean,



egitura orokorrari jarraitu behar zaio. Ohar zaitez ahal denean azpiindizeak sinplifikatu egin behar direla, beraz, metalak azpiindizerik ez badu, sinplifikatuta dagoela kontuan izan behar da metalaren balentzia ondorioztatzeko.

Izendatzean, metalaren izena eta, ondoren, *oxido* hitza eman behar dira. Metalak oxidazio-zenbaki posible bat baino gehiago badu, parentesien artean eta zenbaki erromatarrez adierazi behar da zenbakia zein den. Nomenklatura funtzionalean, berriz, izena *oxido* hitzarekin hasten da eta, ondoren, metalaren izena (dagokion atzizkiarekin). Nomenklatura sistematikoan ohiko arauak jarraitzen zaie, zenbaitetan *oxido* hitzaren *mono-* aurrizkia mantenduz. Hurrengo taulan parentesien artean adierazten dira sinplifikatu gabeko formulak (jakina, parentesien arteko formulak ez dira zuzenak).

Substantzia	N. funtzionala	Stock	N. sistematikoa
Al_2O_3	Oxido aluminikoa	Aluminio oxidoa	Dialuminio trioxidoa
Fe_2O_3	Oxido ferrikoa	Burdina(III) oxidoa	Diburdina trioxidoa
FeO (Fe_2O_2)	Oxido ferrosoa	Burdina(II) oxidoa	Burdina (mon)oxidoa
PbO (Pb_2O_2)	Oxido plumbosoa	Berun(II) oxidoa	Berun (mon)oxidoa
PbO_2 (Pb_2O_4)	Oxido plumbikoa	Berun(IV) oxidoa	Berun dioxidoa
BaO (Ba_2O_2)	Oxido barikoa	Bario oxidoa	Bario (mon)oxidoa
Na_2O	Oxido sodikoa	Sodio oxidoa	Sodio (mon)oxidoa

1.5.2. Oxido ez-metalikoak (anhidridoak)

Oxido ez-metalikoak oxido metalikoen antzekoak dira, bai formulatzean baita izendatzean ere. Formulatzeari,



egitura orokorrari jarraitu behar zaio. Nomenklatura tradizionalan *anhidrido* hitzarekin izendatzen ziren, baina IUPACek ez du gomendatzen sistema hori. Dena den, arrazoi historikoak direla-eta, nomenklatura hori ere ezagutzea gomendagarria da. Stock nomenklaturan eta nomenklatura sistematikoan, *oxido* hitza erabili behar da.

Substantzia	N. funtzionala	Stock	N. sistematikoa
Cl_2O	Anhidrido hipoklorosoa	Kloro(I) oxidoa	Dikloro (mon)oxidoa
Cl_2O_3	Anhidrido klorosoa	Kloro(III) oxidoa	Dikloro trioxidoa
Cl_2O_5	Anhidrido klorikoa	Kloro(V) oxidoa	Dikloro pentaoxidoa
Cl_2O_7	Anhidrido perklorikoa	Kloro(VII) oxidoa	Dikloro heptaoxidoa
SO (S_2O_2)	Anhidrido hiposulfurosoa	Sufre(II) oxidoa	Sufre (mon)oxidoa
SO_2 (S_2O_4)	Anhidrido sulfurosoa	Sufre(IV) oxidoa	Sufre dioxidoa
SO_3 (S_2O_6)	Anhidrido sulfurikoa	Sufre(VI) oxidoa	Sufre trioxidoa
N_2O	Anhidrido hiponitrosoa	Nitrogeno(I) oxidoa	Dinitrogeno (mon)oxidoa
N_2O_3	Anhidrido nitrosoa	Nitrogeno(III) oxidoa	Dinitrogeno trioxidoa
N_2O_5	Anhidrido nitrikoa	Nitrogeno(V) oxidoa	Dinitrogeno pentaoxidoa

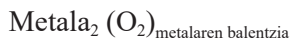
Aipatzeakoa da nitrogenoaren kasua; izan ere, nitrogenoak bere ohiko oxidazio-zenbakiez gainera (+1, +3 eta +5), oxido ez-metalikoak osa ditzake +2 eta +4 oxidazio-zenbakiekin. Bi oxido hauek eratzen dira, hortaz:

$\text{NO} \Rightarrow$ Nitrogeno monoxidoa, nitrogeno(II) oxidoa.

$\text{NO}_2 \Rightarrow$ Nitrogeno dioxidoa, nitrogeno(IV) oxidoa.

1.5.3. Peroxidoak

Peroxidoak metal baten eta oxigenoaren konbinazio bitarrak dira, -2 oxidazio-zenbakia duen O_2^{2-} peroxido ioiarekin. Formulatzean,



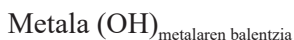
egitura orokorrari jarraitu behar zaio. Horrek adierazten du oxigenoaren azpiindizea ez dela sinplifikatu behar, zenbait kasutan posible izan daitekeen arren. Nomenklatura sistematikoan *oxido* izena erabiltzen da.

Substantzia	N. funtzionala	Stock	N. sistematikoa
Na_2O_2	Peroxido sodikoa	Sodio peroxidoa	Disodio dioxidoa
H_2O_2	Ur oxigenatua	Hidrogeno peroxidoa	Dihidrogeno dioxidoa
BaO_2	Peroxido barikoa	Bario peroxidoa	Bario dioxidoa

Ohar zaitez barioaren kasuan, jatorrizko formula $Ba_2(O_2)_2$ dela. Kasu horretan oxigenoaren azpiindizea sinplifika daiteke (parentesitik kanpo dagoena sinplifika daitekeelako).

1.6. HIDROXIDOAK

Hidroxidoak oxigenoz, hidrogenoz eta beste elementu batez osatutako konposatu hirutarak dira. Hidroxilo (OH^-) ioia dute, -1 karga duena. Ikuspuntu kimikotik, hidroxidoak baseak dira, 5. kapituluan azalduko den bezala. Formulatzean, egitura orokorra hauxe da:



Izendatzean, *hidroxido* hitza erabiltzen da nomenklatura sistema guztietan. Ohar zaitez metalaren balentzia 1 ez denean, hidroxilo ioia parentesien artean idatzi behar dela.

Substantzia	N. funtzionala	Stock	N. sistematikoa
$CuOH$	Hidroxido kuprosoa	Kobre(I) hidroxidoa	Kobre hidroxidoa
$Cu(OH)_2$	Hidroxido kuprikoa	Kobre(II) hidroxidoa	Kobre dihidroxidoa
$NaOH$	Hidroxido sodikoa	Sodio hidroxidoa	Sodio hidroxidoa
$Ca(OH)_2$	Hidroxido kaltzikoa	Kaltzio hidroxidoa	Kaltzio dihidroxidoa

1.7. OXOAZIDOAK

Oxoazidoak konposatu hirutarrak dira eta oxigenoz, hidrogenoz eta beste elementu batez (ia beti ez-metalak) osatuta daude. Formula orokorra



da, non a, b eta c azpiindizeak diren. Formulazio-ondorioetarako, anhidrido bati (oxido ez-metaliko bati) ur molekula bat gehitzean sortzen direla pentsa daiteke, azpiindizeak sinplifikatuz (posible denean). Azaldu behar da, izatez, oxoazidoen nomenklatura sistema nahiko konplexua dela. Eskuliburu honetan ezinbestekoak diren zertzeladak bakarrik deskribatu dira eta ez da aztertuko nomenklatura sistematikoa.

Oxoazido sinpleak (dagokion anhidridoa + 1 H ₂ O) Nomenklatura tradizionala (funtzionala)		
Cl ₂ O (Anh. hipoklorosoa)	+ 1 H ₂ O	H ₂ Cl ₂ O ₂ → HClO (Azido hipoklorosoa)
Cl ₂ O ₃ (Anh. klorosoa)		H ₂ Cl ₂ O ₄ → HClO ₂ (Azido klorosoa)
Cl ₂ O ₅ (Anh. klorikoa)		H ₂ Cl ₂ O ₆ → HClO ₃ (Azido klorikoa)
Cl ₂ O ₇ (Anh. perklorikoa)		H ₂ Cl ₂ O ₈ → HClO ₄ (Azido perklorikoa)

Ohar zaitetz badela izenak ikasteko arau mnemotekniko interesgarri bat; izan ere, HClO azido hipoklorosoa da, eta formulari oxigeno bat gehituta hurrengo atzizkia duen izena lortzen da. Arau hori talde guztietan betetzen da. Adibidez, sufreaken taldeko oxoazidoak honela izendatzen dira:

Oxoazido sinpleak (dagokion anhidridoa + 1 H ₂ O) Nomenklatura tradizionala (funtzionala)		
SO (Anh. hiposulfurosoa)	+ 1 H ₂ O	H ₂ SO ₂ (Azido hiposulfurosoa)
SO ₂ (Anh. sulfurosoa)		H ₂ SO ₃ (Azido sulfurosoa)
SO ₃ (Anh. sulfurikoa)		H ₂ SO ₄ (Azido sulfurikoa)

Fosforoaren (P) eta artsenikoaren (As) kasuan, oxoazido polihidratatuak ere badaude, alegia, ur molekula bat baino gehiago hartzen duten anhidroen kasua (formulazio-ondorioetarako). Oxoazido horien kasuan, zenbat ur molekula elkartu diren adierazi behar da *meta*- (1 H₂O), *piro*- (2 H₂O) eta *orto*- (3 H₂O) atzizkiak erabiliz. *Orto*- atzizkia ken daiteke, aukeran. Esate baterako, P₂O₅ konposatuaren kasuan, hiru oxoazido dira posible:

Oxoazido polihidratatuak		
P ₂ O ₅ (Anh. fosforikoa)	+ 1 H ₂ O	H ₂ P ₂ O ₆ → HPO ₃ (Azido metafosforikoa)
	+ 2 H ₂ O	H ₄ P ₂ O ₇ → H ₄ P ₂ O ₇ (Azido pirofosforikoa)
	+ 3 H ₂ O	H ₆ P ₂ O ₈ → H ₃ PO ₄ (Azido ortofosforikoa)

Oxoazidoekin amaitzeko, interesgarriak diren lau oxoazido hauek aipatuko dira (nomenklaturari dagokionez, salbuespenak dira eta ez diete azaldutako araei jarraitzen).

HMnO₄ ⇌ Azido permanganikoa

H₂Cr₂O₄ ⇌ Azido kromikoa

H₂MnO₄ ⇌ Azido manganikoa

H₂Cr₂O₇ ⇌ Azido dikromikoa

1.8. GATZAK

Gatzak bi talde handitan sailkatzen dira: gatz neutroak eta gatz azidoak. Gatz neutroak beren molekuletan hidrogenorik ez duten gatzak dira, eta gatz azidoak, aldiz, gutxienez hidrogeno bat dutenak. Era berean, gatz neutroak azidoen eratorriak direnez, bitan sailka daitezke: hidrazidoetatik datozen gatz neutroak (gatz bitarrak) eta oxoazidoetatik datozen gatzak (oxogatzak). Edonola ere, formulazio-helburuekin joko dugu gatzak azido baten hidrogenoak guztiz edo partzialki elementu metalikoez (edo talde elektropositiboez) ordezkatzean eratu direla.

1.8.1. Gatz neutroak

Gatz neutroen kasuan, metalek (edo talde elektropositiboez) guztiz ordezkatu dituzte azidoaren hidrogeno atomoak. Metal baten katioiaren eta anioi baten arteko elkartzeak direla jo daiteke, formulazio-helburuekin. Oro har, egitura hau izango dute gatz neutroek:



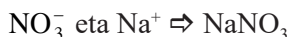
Anioia osatzeko, azido batek (hidrazidoa zein oxoazidoa) hidrogeno guztiak galdu dituela joko dugu, eta galdutako hidrogeno atomo bakoitzeko karga negatibo bat agertu dela, alegia:



Anioiei izena emateko, oxoazidoen kasuan *-iko* atzizkiaren ordean *-ato* eta *-oso* atzizkiaren ordean *-ito* idatzi behar da. Hidrazidoetatik datozen anioen kasuan *-hidriko* atzizkiaren ordean *-uro* idatzi behar da.

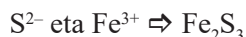
Azidoa	Azidoaren izena (funtzionala)	Anioia	Anioiaren izena (funtzionala)
H ₂ SO ₂	Azido hiposulfurosoa	SO ₂ ²⁻	Hiposulfitoa
H ₂ SO ₃	Azido sulfurosoa	SO ₃ ²⁻	Sulfitoa
H ₂ SO ₄	Azido sulfurikoa	SO ₄ ²⁻	Sulfatoa
HNO ₂	Azido nitrosoa	NO ₂ ⁻	Nitritoa
HNO ₃	Azido nitrikoa	NO ₃ ⁻	Nitratoa
H ₂ CO ₃	Azido karbonikoa	CO ₃ ²⁻	Karbonatoa
HClO	Azido hipokloroso	ClO ⁻	Hipokloritoa
HF	Azido fluorhidrikoa	F ⁻	Fluoruroa
HCl	Azido klorhidrikoa	Cl ⁻	Kloruroa
H ₂ S	Azido sulfhidrikoa	S ²⁻	Sulfuroa

Gatz neutroa osatzean, anioi horiek metalekin elkartzen dira eta balentziak trukatu behar dira. Esate baterako, NO₃⁻ anioia eta Na⁺ katioia elkartuz:



Izendatzean, katioiaren eta anioiaren izenak elkartu behar dira, han zuzen ere, NaNO₃ sodio nitratoa edo nitrato sodikoa izango da (nomenklatura motaren arabera).

Hidrazidoetatik eratorritako gatz kasuan, antzekoa gertatzen da. Demagun S²⁻ eta Fe³⁺ ioiek osatutako gatz neutroa formulatu behar dela:



Izendatzean, burdina(III) sulfuroa edo sulfuro ferrikoa erabil daiteke. Aztertu jarraian azaltzen den taulan jasotako adibideak. Ohar zaitez amonio taldearen (NH₄⁺) berri ere ematen dela taulan.

Substantzia	N. funtzionala	Stock
FeS	Sulfuro ferrosoa	Burdina(II) sulfuroa
Ca(NO ₂) ₂	Nitrito kaltzikoa	Kaltzio nitrito
Fe ₂ (SO ₄) ₃	Sulfato ferrikoa	Burdina(III) sulfatoa
FeSO ₄	Sulfato ferrosoa	Burdina(II) sulfatoa
NaCl	Kloruro sodikoa	Sodio kloruroa
NH ₄ Cl	Kloruro amonikoa	Amonio kloruroa
(NH ₄) ₂ SO ₄	Sulfato amonikoa	Amonio sulfatoa
Cu(NO ₃) ₂	Nitrato kuprikoa	Kobre(II) nitratoa

1.8.2. Gatz azidoak

Gatz azidoen konposizioan hidrogeno guztiak galdu ez dituen azido bat dago. Kasu honetan ere, azido hori oxoazidoa zein hidrazidoa izan daiteke. Esaterako:



Anioi horiek metalekin elkar daitezke gatz azidoak eratuz. Izendatzeko, bi nomenklatura bereiziko ditugu. Aukera bat da *azido* hitza erabiltzea konposatuak duen hidrogeno kopurua adierazteko (alegia: monoazido, diazido, eta abar). Beste aukera, hidrogeno atomo kopurua *hidrogeno* hitzarekin adieraztea da (dagokion aurritziaekin). Jatorrizko azidoak bi hidrogeno dituenean, gatz azidoa izendatzeko bi- aurritzia ere erabil daiteke.

Substantzia	Izenak
NaHS	Sodio sulfuro (mono)azidoa / Sodio hidrogenosulfuroa
NaH ₂ PO ₄	Sodio fosfato diazidoa / Sodio dihidrogenofosfatoa
Na ₂ HPO ₄	Sodio fosfato (mono)azidoa / Sodio hidrogenofosfatoa
NaHCO ₃	Sodio karbonato (mono)azidoa / Sodio hidrogenokarbonatoa / Sodio bikarbonatoa (berezia)

1.9. ARIKETAK

1.1. ariketa: substantzia sinpleak

Oxigenoa:

Manganesoa:

Eztainua:

Antimonioa:

Astatoa:

Zilarra:

Nitrogenoa:

Fe:

H₂:

Cu:

Cl₂:

Pb:

Sb:

Au:

1.2. ariketa: hidruroak (metalikoak eta ez-metalikoak)

Berun(II) hidruroa:

Amoniakoa:

Hidruro kuprosoa:

Hidrogeno fluoruroa:

Kobalto(III) hidruroa:

Aluminio hidruroa:

Eztainu(IV) hidruroa:

Azido bromhidrikoa:

Hidruro kuprikoa:

PbH_4 :

CH_4 :

HCl :

CaH_2 :

CuH_2 :

BaH_2 :

HF :

HI :

FeH_3 :

1.3. ariketa: oxidoak (metalikoak eta ez-metalikoak)

Oxido plumbosoa:

Berun(IV) oxidoa:

Anhidrido hipobromosoa:

Anhidrido bromikoa:

Aluminio oxidoa:

Oxido kuprikoa:

Silizio(IV) oxidoa:

Sufre dioxidoa:

Oxido platinikoa:

Aluminio oxidoa:

Anhidrido karbonikoa:

Anhidrido sulfurikoa:

Kloro(VII) oxidoa:

Bromo(V) oxidoa:

PbO_2 :

Na_2O :



1.4. ariketa: hidroxidoak

Hidroxido ferrosoa:

Burdina(III) hidroxidoa:

Hidroxido plumbosoa:

Hidroxido aurosoa:

Potasio hidroxidoa:

Kaltzio hidroxidoa:

Kobre(I) hidroxidoa:



1.5. ariketa: azidoak

Azido hipobromosoa:

Azido klorikoa:

Azido periodikoa:

Azido metafosforikoa:

Azido fosforikoa:

Azido piroartseniosoa:

Azido sulfurikoa:

Azido nitrosoa:

H_2CO_3 :

HNO_2 :

HIO :

H_3PO_2 :

HNO_3 :

HIO_5 :

HIO_7 :

H_2SO_3 :

1.6. ariketa: gatzak

Sodio kloruroa:

Sulfuro ferrosoa:

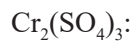
Burdina(II) sulfuroa:

Amonio sulfatoa:

Aluminio sulfitoa:

Zilar periodatoa:

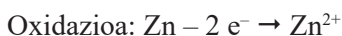
Urre nitratoa:



2. Erredox erreakzioak

2.1. OXIDAZIO- ETA ERREDUKZIO-ERREAKZIOAK

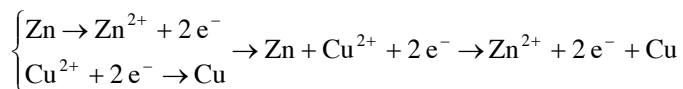
Oxidazio eta erredukzio (erredox) erreakzioak elektroli-transferentziako erreakzioak dira. Elektroliak galtzea oxidazioa da, eta elektroliak irabaztea, berriz, erredukzioa. Esate baterako, zinkak elektroliak gal ditzake prozesu honen arabera:



Honela ere adieraz daiteke prozesu bera: $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^-$. Elektroli (e^-) bakoitzak karga negatibo bat duenez, bi elektroli galdu ondoren zink katioiaren karga +2 da. Erredukzioa, aldiz, elektroliak irabazteko prozesua da, esaterako:



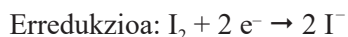
Kasu horretan, kobre katioiak 2 elektroli hartu ditu, kobre metalikora erreduzituz, kargarik gabea. Oro har, erredox erreakzioak binaka gertatzen dira, alegia, oxidazioan askatzen diren elektroliak aldi berean erredukzio batean erabili behar dira. Hortaz,



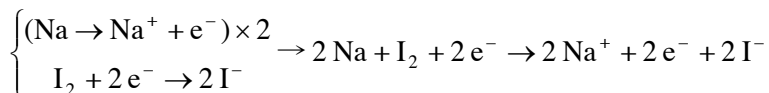
Beraz, elektroliak erreaktiboetatik eta produktuetatik sinplifikatuz, hauxe da lortzen den erredox erreakzioa:



Bestalde, konposatu erreduktorea oxidatu den espeziea da (beste elementu bat erreduzituz), eta konposatu oxidatzailea, berriz, erreduzitu den espeziea (beste elementu bat oxidatuz). Horren arabera, aztertutako erreakzioan oxidatzailea Cu^{2+} da, eta erreduktorea, aldiz, Zn. Beste adibide bat sodioaren eta iodoaren arteko erredox erreakzioa da:



Kasu horretan, oxidazio-erreakzioerdia eta erredukzio-erreakzioerdia elkar-tzean, kontuan izan behar da bi prozesuetan elektroio kopuru berdina trukatu behar dela. Horretarako, sodioaren oxidazio-erreakzioerdiari $\times 2$ egin behar zaio (bestela elektroioak ezingo lirateke sinplifikatu azken pausoan). Hain zuzen ere:



Hortaz, erredox erreakzio osoa hauex da: $2 \text{Na} + \text{I}_2 \rightarrow 2 \text{Na}^+ + 2 \text{I}^-$

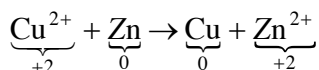
2.1.1. Oxidazio-zenbakia

Aurrerago ikusiko dugunez, erredox erreakzioak doitzeko ioi-elektroi metodoa erabiliko dugu. Erredox erreakzioak ezin dira doitu ohiko erreakzioen kasuan bezala; izan ere, erreakzio hau doitu behar izango bagenu,



doiketa arrunt batekin ez ginateke iritsiko erreakzio zuzenera ($2 \text{Na} + \text{I}_2 \rightarrow 2 \text{Na}^+ + 2 \text{I}^-$). Kontua da elektroiek ere doitu behar dutela. Erredox erreakzioak doitzeko, oxidazio-zenbakiaren kontzeptua ulertzea beharrezkoa da. Oxidazio-zenbakia aztertuta, prozesu bat oxidazio eta erredukzioa den ere ezagutu daiteke. Oro har, baldintza estandarretan dauden elementuen oxidazio-zenbakia 0 da. Anioien eta katioien kasuan, aldiz, ioiaren karga da oxidazio-zenbakia. Esate baterako, espezie hauen oxidazio-zenbakiak hauexek dira: Na (0), Mg (0), F_2 (0), Cl_2 (0), Br_2 (0), I_2 (0), Na^+ (+1), Mg^{2+} (+2), Fe^{3+} (+3), I^- (-1), S^{2-} (-2). Gogoan izan, edonola ere, 1. kapituluaren oxidazio-zenbakiari buruz emandako azalpenak.

Azter dezagun $\text{Cu}^{2+} + \text{Zn} \rightarrow \text{Cu} + \text{Zn}^{2+}$ erredox erreakzioa. Azaldutakoaren arabera, oxidazio-zenbakiak hauek dira:



Oxidazio-zenbakia handitzen bada, oxidazioa gertatu den seinalea da, eta oxidazio-zenbakia txikitzen bada, berriz, erredukzioa gertatu den seinalea. Horregatik, erredox erreakzio horretan kobrea erreduzitu egin da (+2tik 0ra) eta zinka oxidatu egin da (0tik +2ra). Dena den, konposatu konplexuagoak daudenean oxidazio-zenbakiak esleitzea ez da hain erraza, eta arau batzuei jarraitu behar zaie.

2.1.2. Oxidazio-zenbakia esleitzeko arauak

Oro har, hauek dira elementu eta konposatuen oxidazio-zenbakiak esleitzeko arauak.

1- Elementu askeen oxidazio-zenbakia 0 da. Adibidez: Na, Mg, Ca, F₂, Cl₂, Br₂, I₂, O₂, N₂, H₂, I₂ eta abarren oxidazio-zenbakia 0 da.

2- Ioi monoatomikoen kasuan, oxidazio-zenbakia ioiaren karga da. Adibidez: Na⁺ → +1, Mg²⁺ → +2, Fe³⁺ → +3, I⁻ → -1, S²⁻ → -2.

3- Konposatueta, metal alkalinoen (1. taldekoak: Li, Na, K...) oxidazio-zenbakia +1 da. Adibidez: NaCl konposatua Na → +1, K₂S konposatua K → +1.

4- Konposatueta, metal lurralkalinoen (2. taldekoak: Be, Mg, Ca...) oxidazio-zenbakia +2 da. Adibidez: MgCl₂ konposatua Mg → +2, CaS konposatua Ca → +2.

5- Oro har, konposatueta hidrogenoaren oxidazio-zenbakia +1 da, hidruo metalikoetan izan ezik (kasu horretan, -1). Adibidez: H₂O konposatua H → +1, NaH konposatua H → -1.

6- Oro har, konposatueta oxigenoaren oxidazio-zenbakia -2 da, peroxidoetan izan ezik (kasu horretan, -1). Adibidez: H₂O konposatua O → -2, H₂O₂ konposatua O → -1.

7- Konposatu neutroetan, oxidazio-zenbaki netoak 0 izan behar du. Esate baterako, FeO konposatuaren kasuan, 6. arauak dio oxigenoaren oxidazio-zenbakia -2 dela. Konposatua neutroa denez, horrek esan nahi du Fe-aren oxidazio-zenbakia +2 dela: (-2) + (+2) = 0. H₂SO₄-aren kasuan, H → +1 (5. araua) eta O → -2 (6. araua) dira. Konposatuaren karga nulua denez, sufreaken oxidazio-zenbakia +6 dela ondoriozta daiteke; izan ere: (+1)×2 + (+6) + (-2)×4 = 0. Kontuan izan oxidazio-zenbaki netoaren kalkuluan atomo kopurua kontuan hartu behar dela: bi H daude eta lau O.

8- Ioi poliatomikoen kasuan, oxidazio-zenbaki netoak ioiaren kargaren berdina izan behar du. Esaterako, SO₄²⁻ ioiaren kasuan badakigu oxigenoaren oxidazio-zenbakia -2 dela (6. araua) eta, hortaz, sufreaken oxidazio-zenbakia +6 da. Horrela, (+6) + (-2)×4 = -2 da, ioiaren karga, hain zuzen ere.

2.1. adibidea

Idatzi espezie kimiko hauen elementu guztien oxidazio-zenbakiak: sufre dioxidoa, azido karbonikoa, potasio dikromatoa, manganeso(II) oxidoa, sodio sulfatoa, kromo(III) sulfatoa, nitrito ioia, sulfito ioia, karbonato ioia.

EBAZPENA

Sufre dioxidoa ⇔ SO₂ ⇔ O: -2, S: +4.

Azido karbonikoa ⇔ CO₂ ⇔ O: -2, C: +4.

Potasio dikromatoa $\Rightarrow \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \Rightarrow \text{K}: +1, \text{O}: -2$ eta beraz, $\text{Cr}: +6$. Egiazta dezagun oxidazio-zenbaki netoa egokia dela: $(+1) \times 2 + (+6) \times 2 + (-2) \times 7 = 0$.

Manganeso(II) oxidoa $\Rightarrow \text{MnO} \Rightarrow \text{O}: -2, \text{Mn}: +2$.

Sodio sulfatoa $\Rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 \Rightarrow \text{Na}: +1, \text{O}: -2$ eta beraz, $\text{S}: +6$. Egiazta dezagun oxidazio-zenbaki netoa egokia dela: $(+1) \times 2 + (+6) + (-2) \times 4 = 0$.

Kromo(III) sulfatoa $\Rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$. Ohar zaitez, betiere, metalen oxidazio-zenbakia bere balentzia posibleetako batekin bat datorrela. Kasu honetan, argi dago kromoaren balentzia +3 dela, beraz, $\text{Cr}: +3, \text{O}: -2$ eta $\text{S}: +6$ dira oxidazio-zenbakiak. Egiazta dezagun oxidazio-zenbaki netoa egokia dela: $(+3) \times 2 + (+6) \times 3 + (-2) \times 12 = 0$.

Nitrito ioia $\Rightarrow \text{NO}_2^- \Rightarrow \text{O}: -2, \text{N}: +3$. Gogoan izan ioien kasuan oxidazio-zenbaki netoa ioiaren kargaren berdina dela: $(+3) + (-2) \times 2 = -1$.

Sulfito ioia $\Rightarrow \text{SO}_3^{2-} \Rightarrow \text{O}: -2, \text{S}: +4$.

Karbonato ioia $\Rightarrow \text{CO}_3^{2-} \Rightarrow \text{O}: -2, \text{C}: +4$.

2.2. adibidea

Idatzi erredox erreakzio hauek eta identifikatu oxidatzailea eta erreduktorea:

- a) Zinkak kobre(II) sulfatoarekin erreakzionatzen du, zink sulfatoa eta kobrea emanez.
- b) Amoniakoak oxigenoarekin erreakzionatzen du, nitrogenoa eta ura emanez.
- c) Potasio kloratoa deskonposatu egiten da, potasio kloruroa eta ura emanez.

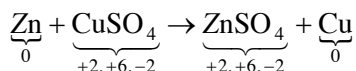
EBAZPENA

Ohar zaitez adibide honetan erredox erreakzioak doitu gabe daudela.

a)

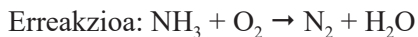


Oxidazio-zenbakiak:

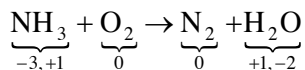


Zinka oxidatu egin da (0tik +2ra) eta, hortaz, erreduktorea da. Kobrea erreduzitu egin da (+2tik 0ra) eta, beraz, oxidatzailea da.

b)



Oxidazio-zenbakiak:

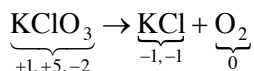


Amoniakoaren nitrogenoa oxidatu egin da (-3 tik 0 ra) eta, hortaz, amoniakoa erreduktorea da. Oxigenoa erreduzitu egin da (0 tik -2 ra) eta, beraz, oxidatzailea da.

c)



Oxidazio-zenbakiak:



Hori erreakzio berezi samarra da; izan ere, potasio kloratoaren kloroa oxidatu eta erreduzitu egin da. Erreakzio mota horri dismutazio-erreakzio deritzo. Aurkako kasua (bi konposatu bakar batera aldi berean oxidatzea eta erreduzitzea), berriz, konmutazio-erreakzioa da.

2.2. IOI-ELEKTROI METODOA

Esan bezala, erredox erreakzioak doitzea erreakzio arruntak doitzea baino konplexuagoa da, karga-balantzea ere egin behar delako (elektroien doiketa). Erredox erreakzioak doitzeko ioi-elektroi metodoa erabiliko dugu, bederatzi pausotan erredox erreakzioa doitu ahal izateko.

1. pausoa: erredox erreakzioa idatzi

Kasu askotan erredox erreakzioa testu moduan adieraziko da, beraz, lehen pausoa elementu eta konposatu guztien formula idaztea da. Ohar zaitez zenbaitetan ez dela adieraziko ura dela produktuetako bat, edo bestelako gatz ikusleren bat egon daitekeela (erredox erreakzioan parte hartzen ez duten ioiak egon daitezke).

2.3. adibidea

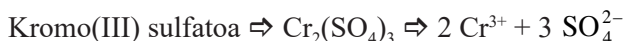
Azido nitrikoak azido iodhidrikoarekin erreakzionatzen du, iodoa eta nitrogeno monoxidoa emanez. Idatzi dagokion erredox erreakzioa, doitu gabe.

EBAZPENA

Emandako informazioaren arabera, erredox erreakzioa hauxe da: $\text{HNO}_3 + \text{HI} \rightarrow \text{I}_2 + \text{NO}$. Argi dago produktuetan ura falta dela, hidrogenodun molekularik ez baitago. Hortaz, $\text{HNO}_3 + \text{HI} \rightarrow \text{I}_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ idatziko dugu.

2. pausoa: erredox erreakzioa era ionikoan idatzi

Erreakzioan dauden azido, hidroxido eta gatz guztiak disoziatuta idatzi behar dira. Esate baterako, konposatu hauek honela idatzi beharko genituzke:



2.4. adibidea

2.3. adibideko erredox erreakzioa era ionikoan idatzi.

EBAZPENA

Hauxe da erredox erreakzioa: $\text{HNO}_3 + \text{HI} \rightarrow \text{I}_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ hortaz, era ionikoan idazterakoan bi konposatu ionizagarri daudela kontuan hartu: azido nitrikoa eta azido iodhidrikoa. Gogoan izan azidoak, hidroxidoak eta gatzak ioniza daitezkeela. Hortaz, era ionikoan:



3. pausoa: oxidazio-zenbakiak esleitu

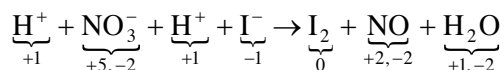
Pauso honetan, aurrez aipatutako arauak jarraituz, elementu guztien oxidazio-zenbakiak idatzi behar dira. Kontuan izan bi elementuk bakarrik alda dezaketela oxidazio-zenbakia: batek zenbakia handituko du (oxidazioa) eta beste batek, berriz, txikitu (erredukzioa).

2.5. adibidea

2.4. adibideko erredox erreakzio ionikoa oinarri hartuta, oxidazio-zenbakiak esleitu.

EBAZPENA

Hauxe da erredox erreakzio ionikoa: $\text{H}^+ + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ + \text{I}^- \rightarrow \text{I}_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$, eta hauek oxidazio-zenbakiak:



Ikus daitekeen bezala, bi elementuk bakarrik aldatu dute oxidazio-zenbakia: nitrogenoak eta iodoak.

4. pausoa: oxidazio- eta erredukzio-erreakzioerdiak identifikatu

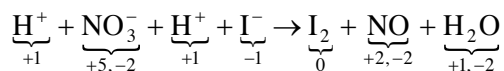
Oxidazio-zenbakiak oinarri hartuta, oxidazio- eta erredukzio-erreakzioerdiak identifikatzea erraza da. Oxidazioan, oxidazio-zenbakia handitzen da, eta erredukzioan, berriz, txikitzen da. Horrek erreduktorea eta oxidatzailea identifikatzeko aukera ere ematen du. Oxidatu dena erreduktorea da, eta erreduzitu dena, aldiz, oxidatzailea.

2.6. adibidea

2.5. adibideko erredox erreakzio ionikoa eta oxidazio-zenbakiak oinarri hartuta, oxidazio- eta erredukzio-erreakzioerdiak idatzi. Era berean, oxidatzailea eta erreduktorea identifikatu.

EBAZPENA

Hauek dira oxidazio-zenbakiak:



Nitrogenoa erreduzitu egin da (+5etik +2ra), eta iodoa, berriz, oxidatu (-1etik 0ra). Beraz:

Oxidazio-erreakzioerdia: $\text{I}^- \rightarrow \text{I}_2$ (beraz I^- erreduktorea da).

Erredukzio-erreakzioerdia: $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}$ (beraz NO_3^- oxidatzailea da).

5. pausoa: elementuak doitu

Hurrengo pausoetan, erreakzioerdiak doitu behar dira. Lehenik eta behin elementuak, ondoren oxigenoa eta hidrogenoa (6. pausoa). Hasteko, hortaz, oxigenoa eta hidrogenoa ez diren beste elementu guztiak ohikoa den moduan doitu behar dira.

6. pausoa: oxigenoa eta hidrogenoa doitu

Pauso honetan, erreakzioa ingurune azidoan (IA) edo basikoan (IB) egin den jakitea beharrezkoa da. Zenbait kasutan hitzez adieraziko da, baina gehienetan, erreakzioan dauden konposatuak aztertu beharko dira ingurunea zein den ondorioztatzeko. Azidoak daudenean IA izango da, eta hidroxidoak daudenean, IB Horren arabera, oxigenoaren doikuntza modu desberdinean egin behar da:

Oxigenoaren doikuntza (IA): falta den oxigeno atomo bakoitzeko, erreakzioaren beste aldean ur molekula bat (H_2O) gehitu behar da.

Oxigenoaren doikuntza (IB): falta den oxigeno atomo bakoitzeko, oxigenoa falta den aldean bi hidroxilo ioi (OH^-) gehitu behar dira, eta beste aldean ur molekula bat (H_2O); alde batean bi O eta bi H gehitu dira, eta bestean bi H eta 1 O, hortaz, oxigeno bat gehitu dugu.

Hidrogenoaren doikuntza (IA): falta den hidrogeno atomo bakoitzeko, erreakzioaren beste aldean protoi bat (H^+) gehitu behar da.

Hidrogenoaren doikuntza (IB): falta den hidrogeno atomo bakoitzeko, erreakzioaren alde horretan ur molekula bat (H_2O) gehitu behar da, eta beste aldean, berriz, hidroxilo ioi bat gehitzen da (OH^-); hori eginda, H atomo bat gehiago jartzen ari gara.

Laburtuz, oxigenoa eta hidrogenoa doitzeko: ingurune azidoan H_2O eta H^+ gehitu; ingurune basikoan H_2O eta OH^- , erreakzioerdietako atomo guztiak doitu arte.

2.7. adibidea

2.6. adibideko erreakzioerdiak doitu.

EBAZPENA

Hauexek dira erreakzioerdiak:

Oxidazio-erreakzioerdia: $\text{I}^- \rightarrow \text{I}_2$

Erredukzio-erreakzioerdia: $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}$

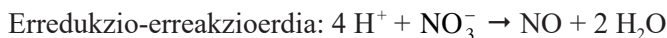
Lehen pausoa, (ioi-elektroi metodoko 5. pausoa) oxigenoa eta hidrogenoa ez diren elementuak doitzea da, beraz, ioduroa doitu daiteke:



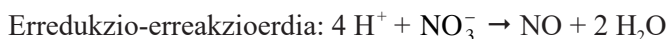
Erreakzioerdiak ingurune azidokoak dira (gogoan izan erredox erreakzioan azido nitrikoa eta azido iodhidrikoa daudela), beraz, erredukzioan falta diren bi oxigenoak doitzeko bi ur molekula gehitu behar dira produktuen aldean.



Orain, ordea, hidrogenoa doitu gabe dago. Hori konpontzeko, beste aldean protoiak gehitu behar dira: kasu honetan lau.



Jada elementu guztiak doittuta daude bi erreakzioerdietan, hain zuzen ere:

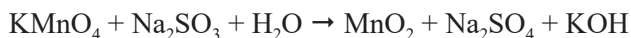


2.8. adibidea

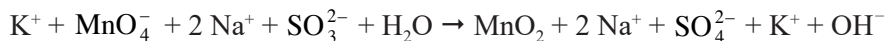
Ingurune basikoan egindako erredox erreakzio honetan ioi-elektroi metodoa aplikatu, 6. pausora arte (erreakzioerdiak doitu): $\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{KOH}$

EBAZPENA

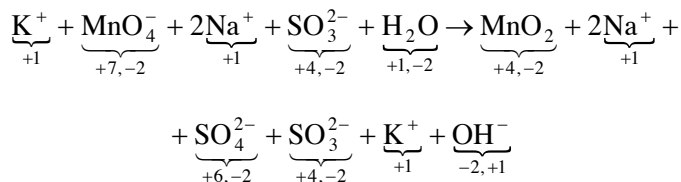
1- Erredox erreakzioa:



2- Ioiak:



3- Oxidazio-zenbakiak:



4- Erreakzioerdiak identifikatu:

4.1- Oxidazioa: $\text{SO}_3^{2-} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$ (beraz SO_3^{2-} erreduktorea da).

4.2- Erredukzioa: $\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{MnO}_2$ (beraz MnO_4^- oxidatzailea da).

5- Elementuak doitu (kasu honetan, S eta Mn doitura daude).

5.1- Oxidazioa: $\text{SO}_3^{2-} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$

5.2- Erredukzioa: $\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{MnO}_2$

6- Oxigenoa eta hidrogenoa doitu (IB):

Lehenik eta behin oxigenoa doitu ($2 \text{OH}^-/\text{H}_2\text{O}$ erabiliz):

6.1- Oxidazioa: $\text{SO}_3^{2-} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

6.2- Erredukzioa: $\text{MnO}_4^- + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2 + 4 \text{OH}^-$

Ondoren, hidrogenoa ($\text{OH}^-/\text{H}_2\text{O}$ erabiliz). Kasu honetan, doitura geratu da. Horiexek dira, beraz, erreakzioerdiak.

7. pausoa: *elektroiak doitu (karga-balantzea)*

Pauso honetan bi erreakzioerdien karga-balantzea egin behar da, errektiboen eta produktuen kargak berdina izan behar duelako. Horretarako elektroiak gehitu behar dira. Oxidazioan produktuetan egongo dira beti elektroiak, eta erredukzioan, berriz, errektiboetan.

Ondoren, erredukzioan eta oxidazioan trukutzen diren elektroiek berdinak izan behar dutenez (batek askatzen dituenak besteak jaso behar ditu), bi erreakzioerdietan elektroikopuru bera izan behar dugu. Horretarako, erreakzioerdi osoa (bakarra edo biak) zenbaki egokiarekin biderkatu behar da.

2.9. adibidea

Doitu 2.7. eta 2.8. adibideetako erredox erreakzioerdiak eta elektroikopuru berdindu.

EBAZPENA

2.7. adibideko erreakzioerdiak hauexek dira (IA):

Oxidazio-erreakzioerdiak: $2 \text{I}^- \rightarrow \text{I}_2$

Erredukzio-erreakzioerdiak: $4 \text{H}^+ + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO} + 2 \text{H}_2\text{O}$

Karga-balantzea eginda, elektroiak honela gehitu behar dira:



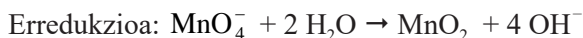
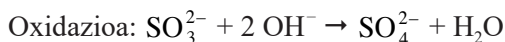
Oxidazioan bi aldeetan -2 karga dugu eta erredukzioan 0 . Ohar zaitez karga-balantzean kontua ez dela bi aldeetan karga nulua uztea, baizik eta karga bera izatea.

Elektroiak berdintzeko:

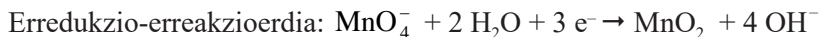
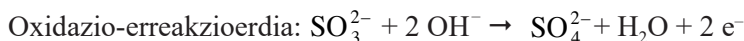


Horrela oxidazioan eta erredukzioan 6 elektroi trukutzen dira.

2.8. adibideko erreakzioerdiak hauexek dira (IB):

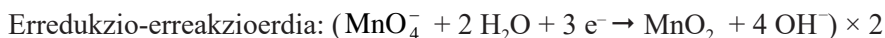
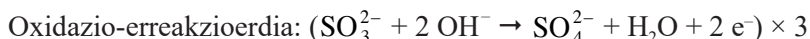


Karga-balantzea eginda, elektroiak honela gehitu behar dira:



Oxidazioan bi aldeetan -4 karga dugu eta erredukzioan ere -4 . Kontuan izan, dena den, oxidazioan eta erredukzioan -4 karga izatea zorizkoa izan dela.

Elektroiak berdintzeko:



Horrela oxidazioan eta erredukzioan 6 elektroi trukutzen dira.

8. pausoa: *erreakzio osoa idatzi (sinplifikatua)*

Pauso honetan, bi erreakzioerdiak gehitu behar dira eta ahal diren molekula sinplifikatu.

9. pausoa: *erreakzio molekularra doituta idatzi*

Ioi-elektroi metodoaren azken pausoa, 8. pausoko erreakzioerdien batura kontuan izanda erreakzio molekularra idatzi behar da. Elementu guztiak doituta daudela egiaztatu, eta horrela ez bada, koefiziente estekiometrikoko egokiak jarri.

Edonola ere, inoiz ezin dira jarri erreakzioerdian dauden koefizienteak baino txikia-goak (gutxienez molekula kopuru hori behar baita, erredox erreakzioa gerta dadin).

2.10. adibidea

2.9. adibideko erreakzioerdi doituak kontuan izanda, $\text{HNO}_3 + \text{HI} \rightarrow \text{I}_2 + \text{NO}$ erredox erreakzioa doitu.

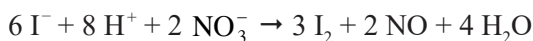
EBAZPENA

Erreakzioerdiak hauexek dira (7. pausoa):

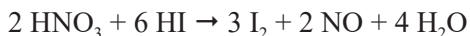
Oxidazio-erreakzioerdia: $(2 \text{I}^- \rightarrow \text{I}_2 + 2 \text{e}^-) \times 3$

Erredukzio-erreakzioerdia: $(4 \text{H}^+ + \text{NO}_3^- + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{NO} + 2 \text{H}_2\text{O}) \times 2$

Erreakzio ioniko osoa hau da (elektroiak sinplifikatuta):



Kasu honetan ez dago sinplifika daitekeen molekularik erreaktibo eta produktuetan. Azken pausoa, erreakzio ioniko doituaren oinarri hartuta erreakzio molekularra idatzi behar da. Kasu honetan, $6 \text{I}^- + 8 \text{H}^+ + 2 \text{NO}_3^-$ ditugu erreaktiboetan, beraz, argi dago zortzi protoietatik sei HI-tik datozela, eta beste biak, aldiz, HNO_3 -tik. Hasiera batean honako hau izango dugu:



Ikus daitekeen bezala, atomo guztiak doituak daude. Horixe da, hortaz, erredox erreakzio doituak.

2.11. adibidea

2.9. adibideko erreakzioerdi doituak kontuan izanda, $\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{KOH}$ erredox erreakzioa doitu.

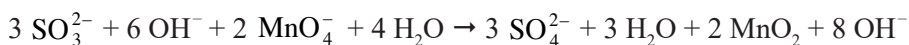
EBAZPENA

2.9. adibidean azaldu den moduan, erreakzioerdiak hauexek dira (7. pausoa):

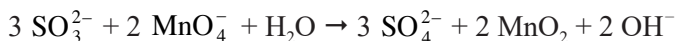
Oxidazio-erreakzioerdia: $(\text{SO}_3^{2-} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^-) \times 3$

Erredukzio-erreakzioerdia: $(\text{MnO}_4^- + 2 \text{H}_2\text{O} + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{MnO}_2 + 4 \text{OH}^-) \times 2$

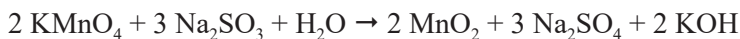
Hortaz, erreakzio ioniko osoa hau da (elektroiak sinplifikatuta):



Erreaktiboetan eta produktuetan dauden molekula sinplifika daitezke, kasu honetan hidroxiloak eta ura.



Azken pausoa, erreazio molekularra jo behar da:



Kasu honetan ere, beste aldaketarik egin gabe erreazioa doituta dagoela ikus daiteke. Zenbait kasutan, amaieran beste koefiziente estekiometrikoren bat gehitu beharko da; izan ere, posible da ioi ikusleak doitu gabe egotea.

2.2.1. Ioi-elektroi metodoaren laburpena

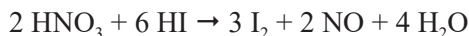
1. pausoa: erredox erreazioa idatzi.
2. pausoa: erredox erreazioa era ionikoan idatzi, azidoak, hidroxidoak eta gatzak disoziatuta.
3. pausoa: oxidazio-zenbakiak esleitu, arauari jarraituz.
4. pausoa: oxidazio- eta erredukzio-erreazioerdiak identifikatu.
5. pausoa: elementuak doitu.
6. pausoa: oxigenoa eta hidrogenoa doitu. IA edo IB izan, pauso hau desberdina da.
7. pausoa: elektroiak doitu (karga-balantzea).
8. pausoa: erreazio osoa idatzi, erreazioerdien batura eginez eta ahal denean sinplifikatuz.
9. pausoa: erreazio molekularra doituta idatzi.

2.3. ERREDOX BALORAZIOAK

Erredox balorazioak azido-base balorazioen oso antzekoak dira (5.7.1. atalean argibide gehiago), baina, erredox erreazioetan oinarritzen dira. Kontzentrazio ezezaguneko konposatu oxidatzaile edo erreduktore baten kontzentrazioa ezagutzeko erabiltzen dira. Ezagunenak permanganometriak dira, non oxidatzailea potasio permanganatoa (KMnO_4) den. Permanganatoak kolore morea du, eta erreduzitzen denean koloregabea den manganoso(II) ioia lortzen da. Kolore-aldaketa gertatzen den unean baliokidetza-puntuari gaudela. Permanganatoaren orde bestekoa den bat erabiltzen bada, zer-nolako kolore-aldaketa gertatuko den jakin beharko da, edo bestela, erredox indikatzaile bat gehitu beharko dugu. Edonola ere, ariketak egiterakoan jakin behar duguna da baliokidetza-puntuari formula hau beteko dela:

$$a \cdot M_{\text{oxidatzailea}} \cdot V_{\text{oxidatzailea}} = b \cdot M_{\text{erreduktorea}} \cdot V_{\text{erreduktorea}}$$

non a erreduktorearen koefiziente estekiometrikoa den, eta b , aldiz, oxidatzailearena (nolabait esateko, «trukatu» egin behar dira koefiziente estekiometrikoak). Jakina, koefiziente horiek lortzeko erredox erreakzioa doitu beharko da lehenago ioi-elektroi metodoaren bidez. Demagun erredox balorazioa 2.10. adibidean aztertutakoa dela:



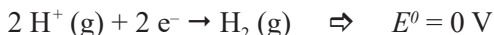
Demagun, bestalde, balorazioa egitean buretan 0,2 M den azido nitrikoa jarri dela eta 12 mL kontsumitu direla baliokidetza-puntura iristeko. Buretaren azpian dagoen erlenmeyerrean 25 mL HI disoluzio jarri dira, kontzentrazio ezezagunekoa. Kasu horretan:

$$a \cdot M_{\text{oxidatzailea}} \cdot V_{\text{oxidatzailea}} = b \cdot M_{\text{erreduktorea}} \cdot V_{\text{erreduktorea}}$$

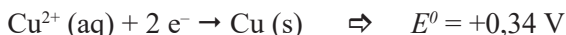
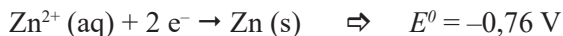
$$6 \cdot 0,2 \text{ M} \cdot 12 \text{ mL} = 2 \cdot M_{\text{erreduktorea}} \cdot 25 \text{ mL} \rightarrow M_{\text{erreduktorea}} = [\text{HI}] = 0,288 \text{ M}$$

2.4. ERREDUKZIO-POTENTZIAL ESTANDARRAK

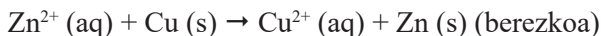
Definizioz, elektrodo baten potentzial estandarra pila baten potentzial-diferentzia da, pila hori elektrodo horrekin eta hidrogeno elektrodoarekin eratuta dagoenean, eta bi elektrodoak baldintza estandarretan egonda. Beste modu batera azalduz, X elementuaren potentzial estandarra (E^0 , volt) hau da: elektrodo batean hidrogenoa jartzen denean eta beste elektrodoan X elementua, boltimetroak ematen duen balioa. Estandar hitzak horixe adierazten du, alegia, hidrogenoarekiko erreferentzia egiten dela, hitzarmenez, 0 volt potentziala esleitu baitzaio hidrogenoari.



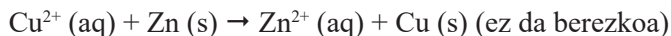
Informazio hori bera honela ere eman daiteke: $E^0 (\text{H}^+/\text{H}_2) = 0 \text{ V}$. Hitzarmenez, parentesi artean erredukzioaren noranzkoan idazten dira erredox bikoteak. Oro har, erredukzio-potentzial estandarra zenbat eta handiagoa izan, elementu edo konposatu horrek erreduzitzeko joera handiagoa duela adierazten du. E^0 balioak tauletan jasota daude eta, jakina, ez dira buruz jakin behar. Esate baterako:



Horrek adierazten du zinkak erreduzitzeko joera handiagoa duela kobreak baino. Hori garrantzitsua da; izan ere, orain jakin dezakegu zinkaren eta kobreak artean zein izango den berez gertatuko den erredox erreakzioa. Erredukzio-potentzial estandarrak aztertuta, zinka erreduzitu egingo dela, eta kobrea, berriz, oxidatu egingo dela ondoriozta dezakegu. Hauxe izango da berez gertatuko den erreakzioa:

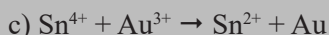
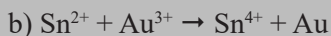
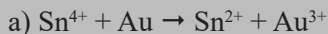


Zn^{2+} erreduzitu egin da, eta Cu, aldiz, oxidatu. Erreakzio hau ez litzateke berez gertatuko:



2.12. adibidea

Erreakzio hauetatik, zeintzuk dira berez gertatzen direnak?



Datuak: $E^0(\text{Au}^{3+}/\text{Au}) = 1,50 \text{ V}$, $E^0(\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}) = 0,13 \text{ V}$.

EBAZPENA

Erredukzio-potentzialak aztertuta, Au^{3+} erreduzitzen den eta Sn^{2+} oxidatzen den noranzkoa da berezkoa, hortaz, «b» erreakzioa berezkoa da, «a» erreakzioa ez da berezkoa eta «c» erreakzioa ezinezkoa da (bi erredukzio gertatzen direlako).

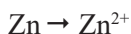
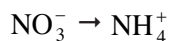
2.13. adibidea

Nitritoak erreakzionatuko al du zink metalikoarekin, ingurune azidoan, amonioa eta zink(II) ioia emateko? Baiezko kasuan, idatzi erredox erreakzio ioniko doitua.

Datuak: $E^0(\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+) = 0,89 \text{ V}$, $E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76 \text{ V}$.

EBAZPENA

Erredukzio-potentzial estandarrak aztertuta, bi erreakzioerdi horiek elkartuta zera gertatuko da: nitritoa erreduzitu egingo da (E^0 handiena du) eta Zn oxidatu egingo da, alegia,



izango da berezko noranzkoa. Adibidean proposatzen den esaldian noranzko hori bera proposatzen da, hain zuzen ere: $\text{NO}_3^- + \text{Zn} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{Zn}^{2+}$ erreakzioa gertatuko ote den galdetzen baita. Erreakzioa berezkoa da eta, hortaz, orain doitu egin behar da ioi-elektroi metodoari jarraituz. Erreakzioa era ionikoan dago eta horrela ematea eskatzen da. Gainera, erreakzioerdiak identifikatu ditugu jada. Hortaz,

4- Erreakzioerdiak identifikatu:

4.1- Oxidazioa: $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+}$ (beraz Zn erreduktorea da).

4.2- Erredukzioa: $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NH}_4^+$ (beraz NO_3^- oxidatzailea da).

5- Elementuak doitu daude.

6- Oxigenoa eta hidrogenoa doitu (IA):

6.1- Oxidazioa: $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+}$

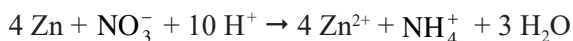
6.2- Erredukzioa: $\text{NO}_3^- + 10 \text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+ + 3 \text{H}_2\text{O}$

7- Kargak doitu eta elektroiak berdindu:

7.1- Oxidazioa: $(\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^-) \times 4$

7.2- Erredukzioa: $\text{NO}_3^- + 10 \text{H}^+ + 8 \text{e}^- \rightarrow \text{NH}_4^+ + 3 \text{H}_2\text{O}$

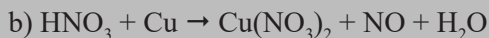
8- Erreakzio ioniko doitu:



2.5. EBATZITAKO ARIKETAK

2.1. ariketa ebatzia

Doitu erredox erreakzio hauek:



EBAZPENA

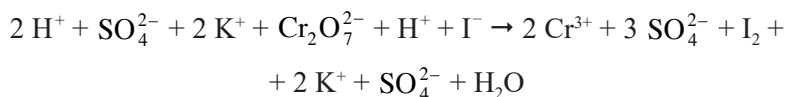
a)

Betiko moduan, erredox erreakzioak doitzeko pausoei jarraituko diegu.

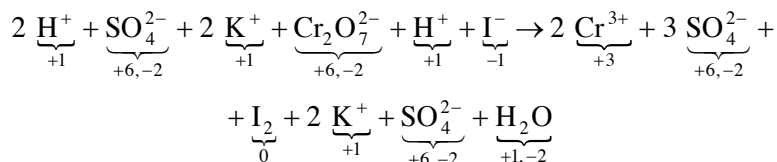
1- Erredox erreakzioa:



2- Ioiak:



3- Oxidazio-zenbakiak:



4- Erreakzioerdiak identifikatu:

4.1- Oxidazioa: $\text{I}^- \rightarrow \text{I}_2$ (beraz I^- erreduktorea da).4.2- Erredukzioa: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+}$ (beraz $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ oxidatzailea da).

5- Elementuak doitu:

5.1- Oxidazioa: $2 \text{I}^- \rightarrow \text{I}_2$ 5.2- Erredukzioa: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+}$

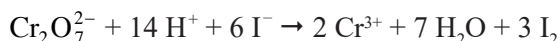
6- Oxigenoa eta hidrogenoa doitu (IA):

6.1- Oxidazioa: $2 \text{I}^- \rightarrow \text{I}_2$ 6.2- Erredukzioa: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2\text{O}$

7- Kargak doitu eta elektroiak berdindu:

7.1- Oxidazioa: $(2 \text{I}^- \rightarrow \text{I}_2 + 2 \text{e}^-) \times 3$ 7.2- Erredukzioa: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}^+ + 6 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2\text{O}$

8- Erreakzio ioniko osoa (sinplifikatua):



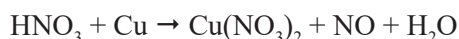
9- Erreakzio molekularra idatzi eta falta diren elementuak doitu:



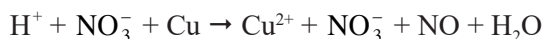
Kasu honetan, erreakzio molekularra doitzera kontuan hartu behar da 14H^+ behar direla. 14 horietatik 6 HI-ari dagozkio (6I^- ere behar baitira) eta beste zortziak azido sulfurikotik datoz (H_2SO_4 molekula bakoitzak bi ditu).

b)

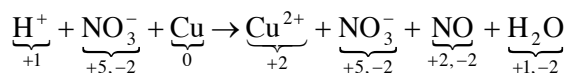
1- Erredox erreazioa:



2- Ioiak:



3- Oxidazio-zenbakiak:



4- Erreakzioerdiak identifikatu:

4.1- Oxidazioa: $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+}$ (beraz Cu erreduktorea da).4.2- Erredukzioa: $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}$ (beraz NO_3^- oxidatzailea da).

5- Elementuak doitu daude.

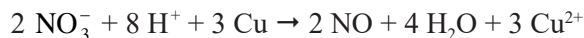
6- Oxigenoa eta hidrogenoa doitu (IA):

6.1- Oxidazioa: $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+}$ 6.2- Erredukzioa: $\text{NO}_3^- + 4 \text{H}^+ \rightarrow \text{NO} + 2 \text{H}_2\text{O}$

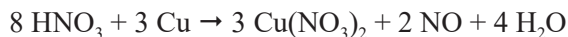
7- Kargak doitu eta elektroiak berdindu:

7.1- Oxidazioa: $(\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^-) \times 3$ 7.2- Erredukzioa: $(\text{NO}_3^- + 4 \text{H}^+ + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{NO} + 2 \text{H}_2\text{O}) \times 2$

8- Erreakzio ioniko osoa (sinplifikatua):



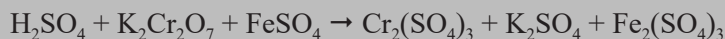
9- Erreakzio molekularra idatzi eta falta diren elementuak doitu:



Kasu honetan azken doiketan ez dago arazorik. 8 protoiak azido nitrikotik datoz eta elementu guztiak doitu geratzen dira.

2.2. ariketa ebatzia

Erredox erreakzio hau emanda:



a) Idatzi erreakzio molekular doitu.

b) Kalkulatu 100 mL-ko burdina(II) sulfato disoluzio baten kontzentrazioa, haren erredox balorazioan 0,5 M den potasio dikromato disoluzio baten 50 mL kontsumitu badira.

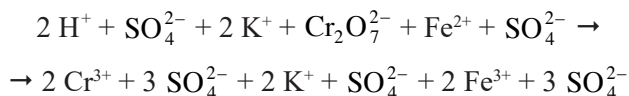
EBAZPENA

a)

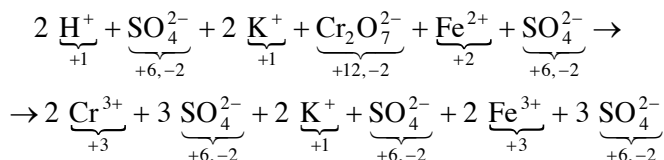
1- Erredox erreazioa:



2- Ioiak:



3- Oxidazio-zenbakiak:



4- Erreakzioerdiak identifikatu:

4.1- Oxidazioa: $\text{Fe}^{2+} \rightarrow 2 \text{Fe}^{3+}$ (beraz Fe^{2+} erreduktorea da).4.2- Erredukzioa: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+}$ (beraz $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ oxidatzailea da).

5- Elementuak doitu:

5.1- Oxidazioa: $2 \text{Fe}^{2+} \rightarrow 2 \text{Fe}^{3+}$ 5.2- Erredukzioa: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+}$

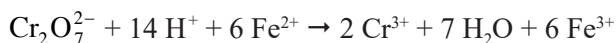
6- Oxigenoa eta hidrogenoa doitu (IA):

6.1- Oxidazioa: $2 \text{Fe}^{2+} \rightarrow 2 \text{Fe}^{3+}$ 6.2- Erredukzioa: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2\text{O}$

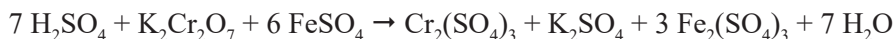
7- Kargak doitu eta elektroiak berdindu:

7.1- Oxidazioa: $(2 \text{Fe}^{2+} \rightarrow 2 \text{Fe}^{3+} + 2 \text{e}^-) \times 3$ 7.2- Erredukzioa: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}^+ + 6 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2\text{O}$

8- Erreakzio ioniko osoa (sinplifikatua):



9- Erreakzio molekularra idatzi eta falta diren elementuak doitu:



Hasierako erreakzioan ura falta zen, bestalde, potasioak ez du parte hartzen erredox erreakzioan, eta amaieran ikus daiteke doituta dagoela.

b)

Balorazioaren kasuan, burdina(II) sulfatoa (FeSO_4) eta potasio dikromatoa ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) erlazionatu behar dira. Oro har,

$$a \cdot M_1 \cdot V_1 = b \cdot M_2 \cdot V_2$$

betetzen denez, kasu honetan:

$$6 \cdot M(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) \cdot V(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = x \cdot V(\text{FeSO}_4) \rightarrow 6 \cdot 0,5 \text{ M} \cdot 50 \text{ mL} = x \cdot 100 \text{ mL}$$

$$x = [\text{FeSO}_4] = 1,5 \text{ M}$$

2.3. ariketa ebatzia

Erredox erreakzio hau emanda:



a) Idatzi erreakzio molekular doitua.

b) Zenbat gramo Fe behar dira potasio kromato 1,2 M den disoluzio baten 100 mL kontsumitzeko?

Masa atomikoa (u): Fe: 55,8.

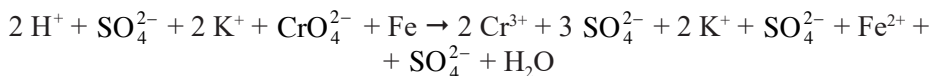
EBAZPENA

a)

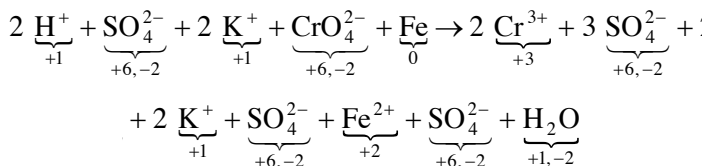
1- Erredox erreakzioa:



2- Ioiak:



3- Oxidazio-zenbakiak:



4- Erreakzioerdiak identifikatu:

4.1- Oxidazioa: $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ (beraz Fe erreduktorea da).

4.2- Erredukzioa: $\text{CrO}_4^{2-} \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+}$ (beraz CrO_4^{2-} oxidatzailea da).

5- Elementuak doitu:

5.1- Oxidazioa: $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$

5.2- Erredukzioa: $2 \text{CrO}_4^{2-} \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+}$

6- Oxigenoa eta hidrogenoa doitu (IA):

6.1- Oxidazioa: $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$

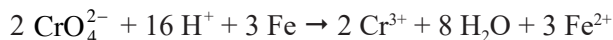
6.2- Erredukzioa: $2 \text{CrO}_4^{2-} + 16 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+} + 8 \text{H}_2\text{O}$

7- Kargak doitu eta elektroiak berdindu:

7.1- Oxidazioa: $(\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^-) \times 3$

7.2- Erredukzioa: $2 \text{CrO}_4^{2-} + 16 \text{H}^+ + 6 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+} + 8 \text{H}_2\text{O}$

8- Erreakzio ioniko osoa (sinplifikatua):



9- Erreakzio molekularra idatzi eta falta diren elementuak doitu:



b)

Kasu honetan erreakzioari buruzko kalkuluak egiteko moletan idaztea egokiagoa da, alegia:

$$a \cdot M_1 \cdot V_1 = b \cdot n_2$$

potasio kromatoa eta burdina erlazionatu behar dira eta, gogoratu, ekuazioan molak adierazten direnean, bolumena litrotan jartzea beharrezkoa dela. Hortaz,

$$3 \cdot M(\text{K}_2\text{CrO}_4) \cdot V(\text{K}_2\text{CrO}_4) = 2 \cdot n(\text{Fe}) \rightarrow 3 \cdot 1,2 \text{ M} \cdot 0,1 \text{ L} = 2 \cdot x$$

$x = n(\text{Fe}) = 0,18 \text{ mol}$. Burdinaren masa molarra $55,8 \text{ g/mol}$ izanik,

$$m(\text{Fe}) = 0,18 \text{ mol} \cdot 55,8 \text{ g/mol} = 10,04 \text{ g}$$

2.4. ariketa ebatzia

Erredox erreakzio hau emanda:



a) Idatzi erreakzio molekular doitua.

b) Zenbat litro kloro gas (baldintza normaletan neurtuak) lortuko dira 0,5 M den potasio dikromato disoluzio baten 200 mL-k guztiz erreakzionatzen badute?

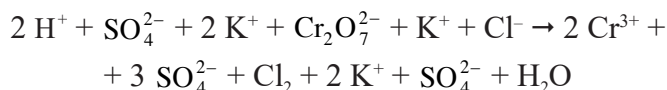
EBAZPENA

a)

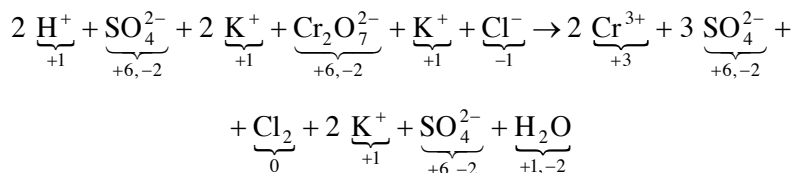
1- Erredox erreakzioa:



2- Ioiak:



3- Oxidazio-zenbakiak:



4- Erreakzioerdiak identifikatu:

4.1- Oxidazioa: $\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2$ (beraz Cl^- erreduktorea da).

4.2- Erredukzioa: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+}$ (beraz $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ oxidatzailea da).

5- Elementuak doitu:

5.1- Oxidazioa: $2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2$

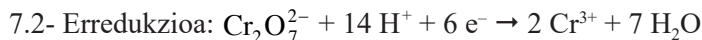
5.2- Erredukzioa: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+}$

6- Oxigenoa eta hidrogenoa doitu (IA):

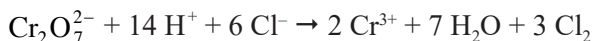
6.1- Oxidazioa: $2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2$

6.2- Erredukzioa: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2\text{O}$

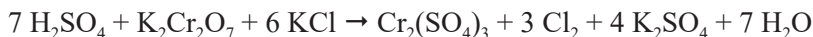
7- Kargak doitu eta elektroaiak berdindu:



8- Erreakzio ioniko osoa (sinplifikatua):



9- Erreakzio molekularra idatzi eta falta diren elementuak doitu:



Kasu honetan produktuetan dagoen potasio sulfatoari (K_2SO_4) koefiziente estekiometriko egokia jarri behar zaio (4) erreakzio molekularra doিতuta egon dadin.

b)

Kasu honetan erreakzioari buruzko kalkuluak egiteko moletan idaztea egokiagoa da, alegia:

$$a \cdot M_1 \cdot V_1 = b \cdot n_2$$

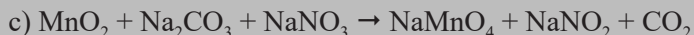
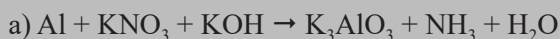
potasio dikromatoa eta kloro gasa erlazionatu behar dira, hortaz,

$$3 \cdot M(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) \cdot V(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = n(\text{Cl}_2) \rightarrow 3 \cdot 0,5 \text{ M} \cdot 0,2 \text{ L} = x$$

$x = n(\text{Cl}_2) = 0,3 \text{ mol}$. Baldintza normaletan, $1 \text{ mol} = 22,4 \text{ L}$ direnez, $6,72 \text{ L}$ kloro lortuko dira.

2.5. ariketa ebatzia

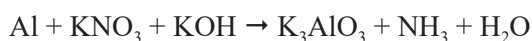
Erredox erreakzio hauek doitu (ingurune basikoan):



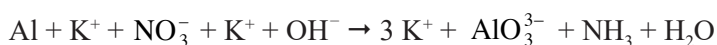
EBAZPENA

a)

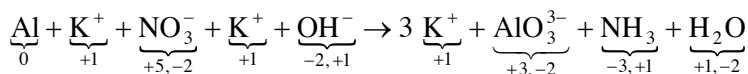
1- Erredox erreakzioa:



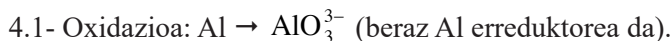
2- Ioiak:



3- Oxidazio-zenbakiak:



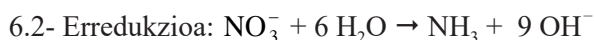
4- Erreakzioerdiak identifikatu:



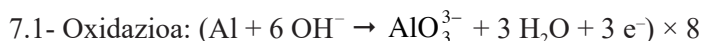
5- Elementuak doitu:



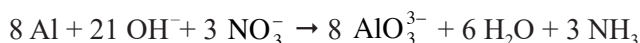
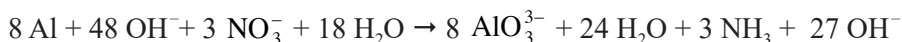
6- Oxigenoa eta hidrogenoa doitu (IB):



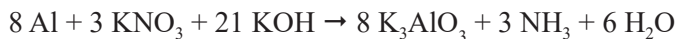
7- Kargak doitu eta elektroiak berdindu:



8- Erreakzio ioniko osoa (sinplifikatua):

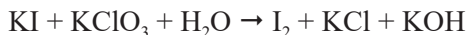


9- Erreakzio molekularra idatzi eta falta diren elementuak doitu:

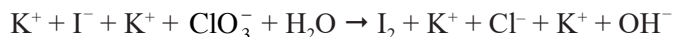


b)

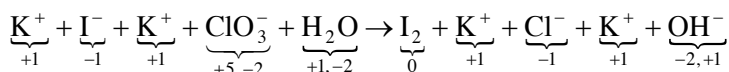
1- Erredox erreakzioa:



2- Ioiak:



3- Oxidazio-zenbakiak:



4- Erreakzioerdiak identifikatu:

4.1- Oxidazioa: $\text{I}^- \rightarrow \text{I}_2$ (beraz I^- erreduktorea da).4.2- Erredukzioa: $\text{ClO}_3^- \rightarrow \text{Cl}^-$ (beraz ClO_3^- oxidatzailea da).

5- Elementuak doitu:

5.1- Oxidazioa: $2 \text{I}^- \rightarrow \text{I}_2$ 5.2- Erredukzioa: $\text{ClO}_3^- \rightarrow \text{Cl}^-$

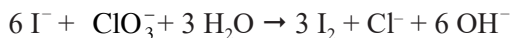
6- Oxigenoa eta hidrogenoa doitu (IB):

6.1- Oxidazioa: $2 \text{I}^- \rightarrow \text{I}_2$ 6.2- Erredukzioa: $\text{ClO}_3^- + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cl}^- + 6 \text{OH}^-$

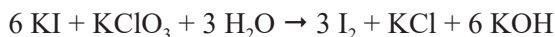
7- Kargak doitu eta elektroiak berdindu:

7.1- Oxidazioa: $(2 \text{I}^- \rightarrow \text{I}_2 + 2 \text{e}^-) \times 3$ 7.2- Erredukzioa: $\text{ClO}_3^- + 3 \text{H}_2\text{O} + 6 \text{e}^- \rightarrow \text{Cl}^- + 6 \text{OH}^-$

8- Erreakzio ioniko osoa (sinplifikatua):

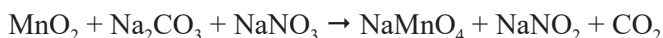


9- Erreakzio molekularra idatzi eta falta diren elementuak doitu:

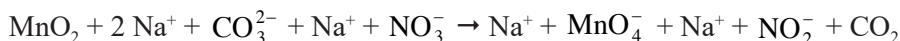


c)

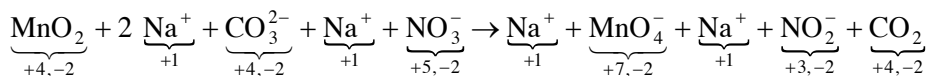
1- Erredox erreakzioa:



2- Ioiak:



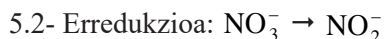
3- Oxidazio-zenbakiak:



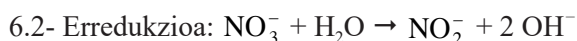
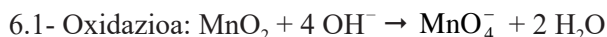
4- Erreakzioerdiak identifikatu:

4.1- Oxidazioa: $\text{MnO}_2 \rightarrow \text{MnO}_4^-$ (beraz MnO_2 erreduktorea da).4.2- Erredukzioa: $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^-$ (beraz NO_3^- oxidatzailea da).

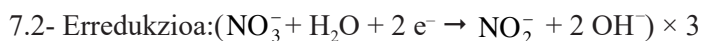
5- Elementuak doitu:



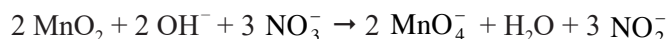
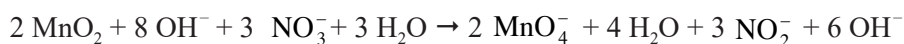
6- Oxigenoa eta hidrogenoa doitu (IB):



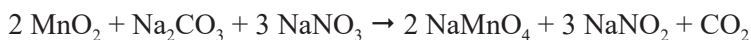
7- Kargak doitu eta elektroiak berdindu:



8- Erreakzio ioniko osoa (sinplifikatua):



9- Erreakzio molekularra idatzi eta falta diren elementuak doitu:



Erreakzioan elementu guztiak doitu daude. Ioi-elektroi metodoaren arabera, 2OH^- eta H_2O gehitzea faltako litzateke. Ingurunean daudela jo daiteke.

2.6. ariketa ebatzia

Erredox erreakzio hau emanda:



a) Idatzi erreakzio molekular doituak.

b) Kontzentrazio ezezaguneko potasio ioduro disoluzio baten 100 mL baloratu dira 0,25 M den potasio permanganato disoluzio batekin. Balorazioan 150 mL kontsumitu direla jakinda, kalkulatu potasio ioduro disoluzioaren kontzentrazioa.

b)

Kasu honetan erreakzioari buruzko kalkuluak egiteko moletan idaztea egokiagoa da, alegia:

$$a \cdot M_1 \cdot V_1 = b \cdot n_2$$

potasio ioduroa eta potasio permanganatoa erlazionatu behar dira, hortaz,

$$10 \cdot M(\text{KMnO}_4) \cdot V(\text{KMnO}_4) = 2 \cdot M(\text{KI}) \cdot V(\text{KI}) \rightarrow$$

$$10 \cdot 0,25 \text{ M} \cdot 150 \text{ mL} = 2 \cdot M(\text{KI}) \cdot 100 \text{ mL} \rightarrow M(\text{KI}) = 1,875 \text{ mol/L.}$$

2.6. ARIKETAK

2.1. ariketa

Doitu erredox erreakzio hau:



Erantzuna: 2, 10, 3 $\rightarrow$ 2, 1, 5, 8.

2.2. ariketa

Potasio dikromatoak azido klorhidrikoarekin erreakzionatzen du, kromo(III) kloruroa, kloroa, potasio kloruroa eta ura emanez.

a) Oxidatzailea eta erreduktorea identifikatu.

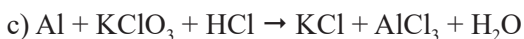
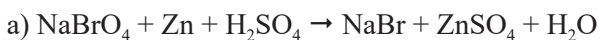
b) Idatzi eta doitu erredox erreakzio molekularra.

c) Zenbat mL HCl 1 M erreakzionarazi behar dira gehiegizko kantitatean dagoen potasio dikromatoarekin baldintza normaletan neurtutako 5 L Cl₂ (g) lortzeko?

Erantzunak: a) Oxidatzailea: K₂Cr₂O₇, erreduktorea: HCl; b) K₂Cr₂O₇ + 14 HCl $\rightarrow$ 2 CrCl₃ + 3 Cl₂ + 2 KCl + 7 H₂O; c) 1.042 mL.

2.3. ariketa

Doitu erredox erreakzio hauek:



Erantzunak: a) 1, 4, 4 $\rightarrow$ 1, 4, 4; b) 3, 1, 14 $\rightarrow$ 3, 2, 2, 7; c) 2, 1, 6 $\rightarrow$ 1, 2, 3.

2.4. ariketa

Doitu erredox erreakzio hauek:



Erantzunak: a) 1, 6, 6 $\rightarrow$ 6, 1, 3; b) 8, 1 $\rightarrow$ 8, 1, 4.

2.5. ariketa

Azido sulfhidrikoak azido nitrikoarekin erreakzionatzen du, sufrea eta nitrogeno monoxidoa emanez.

a) Oxidatzailea eta erreduktorea identifikatu.

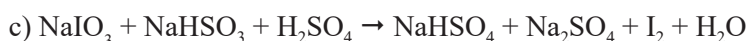
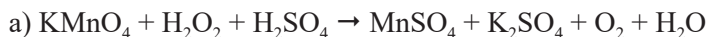
b) Idatzi eta doitu erredox erreakzio molekularra.

c) Zenbat litro H_2S (baldintza normaletan) erreakzionarazi behar dira 0,3 M den azido nitriko disoluzio baten 300 mL-k guztiz erreakzionatzeko?

Erantzunak: a) Oxidatzailea: HNO_3 , erreduktorea: H_2S ; b) $2 \text{HNO}_3 + 3 \text{H}_2\text{S} \rightarrow 3 \text{S} + 3 \text{NO} + 4 \text{H}_2\text{O}$; c) 3,024 L.

2.6. ariketa

Doitu erredox erreakzio hauek:

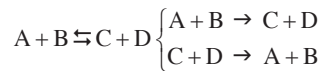


Erantzunak: a) 2, 5, 3 $\rightarrow$ 2, 1, 5, 8; b) 4, 3 $\rightarrow$ 4, 3, 2; c) 2, 5, 1 $\rightarrow$ 5, 1, 1, 1; d) 2, 1, 5 $\rightarrow$ 4, 2.

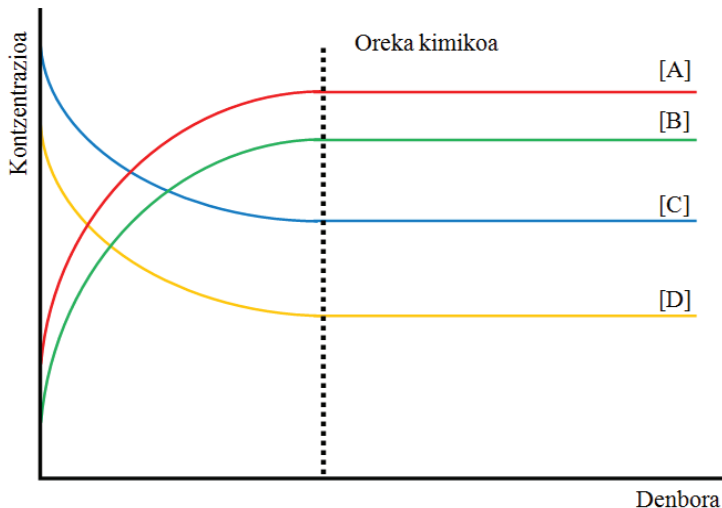
3. Oreka kimikoa

3.1. ERREAKZIO ITZULGARRIAK

Orain arte ikusitako erreakzio kimikoak itzulezinak izan dira: $A + B \rightarrow C + D$ motakoak. Erreakzio itzulezinak errektiboak amaitzen diren arte gertatzen dira, baina, erreakzio kimiko guztiak ez dira horrelakoak. Kimikan, erreakzio asko eta asko itzulgarriak dira. Erreakzio itzulgarrien kasuan, errektiboak produktu bilakatzen dira eta, aldi berean, produktuak errektibo. Hortaz, noranzko bikoitzeko prozesuak dira eta bi erreakzio hauek aldi berean gertatzen dira:



Une jakin batean, aldi berean gertatzen diren erreakzio horiek abiadura bera izango dute: oreka kimikoa lortu da. Oreka kimikoa lortzean, erreakzioan parte hartzen duten konposatu guztiak kontzentrazio jakin batzuetan egongo dira eta konstante iraungo dute. Oreka-egoerako kontzentrazio horiek berdinak izango dira beti, edozein izanik ere hasieran jarritako konposatuen kantitatea (3.1. irudia).



3.1. irudia. $A + B \rightleftharpoons C + D$ motako erreakzio baten kontzentrazio-aldaketak, orekako kontzentrazioak lortu arte.

Oreka-egoeran, maila makroskopikoan ez da aldaketarik ikusten, baina maila mikroskopikoan, oreka kimikoa oreka dinamikoa da. Hortaz, erreakzio zuzena eta alderantzizko erreakzioa etengabe ari dira gertatzen, biak abiadura berean.

3.2. K_c OREKA-KONSTANTEA

Oreka kimikoa lortzen denean, aurkako noranzkoa duten bi erreakzioek abiadura bera dute eta konposatu guztien kontzentrazioak konstanteak dira. Oreka-konstanteak arautzen du zein den konposatu bakoitzaren kontzentrazioa oreka lortzen denean. Konposatu guztiak gas-egoeran edo disoluzioan daudenean (oreka homogeneoan), honela definitzen da oreka-konstantea:

$$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD \Rightarrow K_c = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

Adierazpen horri masa-ekintzaren legea deritzo. K_c da oreka-konstantea eta c azpiindizeak adierazten du mol/L-tan adierazitako kontzentrazioak (molartasunak) erabili behar direla. Oreka-konstantearen balioak erreakzio itzulgarriari buruzko informazioa ematen du: K_c -ren balioa handia bada, erreakzioa eskuinera desplazatuta dago, eta txikia bada (1 baino txikiagoa), aldiz, ezkerrera desplazatuta dago, hau da, erreaktiboan aldera.

3.1. adibidea: oreka-konstantearen kalkulua

$2 \text{ NO}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{ NO} (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g})$ erreakzioaren kasuan, oreka lortzen denean $[\text{NO}_2] = 0,015 \text{ mol/L}$, $[\text{NO}] = 0,0038 \text{ mol/L}$ eta $[\text{O}_2] = 0,0019 \text{ mol/L}$ dira. Zein da oreka-konstantearen balioa?

EBAZPENA

Lehen pausoa kontzentrazio ezagunekin honako taula hau betetzea da:

	2 NO_2	$\rightleftharpoons$	2 NO	O_2
Hasiera	-		-	-
Erreakzioa	-		-	-
Oreka	0,015 M		0,0038 M	0,0019 M

Datuak oreka-egoerakoak direnez, zuzenean K_c kalkula daiteke:

$$K_c = \frac{[\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2]}{[\text{NO}_2]^2} = \frac{0,0038^2 \cdot 0,0019}{0,015^2} = 1,22 \cdot 10^{-4}$$

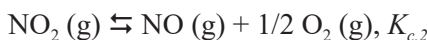
Kontuan izan horrelako taulak betetzean mol/L unitateak erabiliko direla, nahiz eta moletan ere egin daitezkeen. Kontuan izan behar dena zera da: taula moletan egiten bada, K_c kalkulatzeko kontzentrazioak lortu beharko direla lehendabizi.

3.2.1. Oreka-konstantea: zenbait ohar

(1) K_c oreka-konstantea tenperaturaren mendekoa da, baina ez da erreaktiboen eta produktuen hasierako kontzentrazioaren mendekoa. Ariketa askotan erreakzioa tenperatura jakin batean burutu dela adierazten bada ere, datu hori ez da beharrezkoa ariketa egiteko. Hala ere, garrantzitsua da gogoratzea tenperatura desberdinetan oreka-egoera desberdinak lortzen direla.

(2) Oro har, K_c -k unitateak izan ditzake adierazpen matematikoaren arabera. Esate baterako, 3.1. adibideko oreka-konstantearen unitateak mol/L dira eta 3.1. ariketa ebatzian, aldiz, $(\text{mol/L})^{-2}$. Dena den, oreka-konstanteen (aurrerago ikusiko dugun K_p -ri buruz gauza bera esan baitaiteke) unitateak ez idaztea onar daiteke, definitu diren bezala (kontzentrazioen arabera), eduki ditzaketen arren.

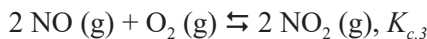
(3) Oreka-konstantearen balioa erreakzioaren arabera da, alegia, doitzean erabiltzen diren koefiziente estekiometrikoen arabera. Horregatik, ariketa gehienetan erreakzio itzulgarria doitu da egongo da. Horrela ez bada, koefiziente osoekin (zatikirik gabe) eta ahalik eta zenbaki txikienekin doitu behar dela pentsatu behar da. Adibidez:



badira, orduan oreka-konstanteak desberdinak dira. Hain zuzen ere,

$$K_{c,1} = \frac{[\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2]}{[\text{NO}_2]^2} \quad \text{eta} \quad K_{c,2} = \frac{[\text{NO}] \cdot [\text{O}_2]^{1/2}}{[\text{NO}_2]}$$

izango dira. Bi adierazpen horietatik ondoriozta daiteke $K_{c,1} = (K_{c,2})^2$ dela. Aldiz,



erreakzioaren kasuan, $K_{c,3} = 1 / K_{c,1}$ betetzen dela frogatu daiteke. Ondorio garrantzitsua lortzen da adierazpen horretatik: erreakzio zuzenaren eta alderantzizko erreakzioaren oreka-konstanteak alderantzizkoak dira.

3.2. adibidea

$\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(\text{g})$ erreakzioaren, K_c , oreka-konstantea 0,15 dela jakinda, kalkulatu erreakzio hauen oreka-konstanteak:



EBAZPENA

Emandako erreakzioaren oreka-konstantearen adierazpena honako hau da:

$$K_{c,1} = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{H}_2]^3 \cdot [\text{N}_2]} = 0,15$$

$2 \text{N}_2(\text{g}) + 6 \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4 \text{NH}_3(\text{g})$ erreakzioaren kasuan, aldiz:

$$K_{c,2} = \frac{[\text{NH}_3]^4}{[\text{H}_2]^6 \cdot [\text{N}_2]^2} = \left(\frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{H}_2]^3 \cdot [\text{N}_2]} \right)^2 = (K_{c,1})^2 = 0,15^2 = 0,0225$$

$2 \text{NH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g})$ erreakzioari dagokionez:

$$K_{c,3} = \frac{[\text{H}_2]^3 \cdot [\text{N}_2]}{[\text{NH}_3]^2} = \left(\frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{H}_2]^3 \cdot [\text{N}_2]} \right)^{-1} = (K_{c,1})^{-1} = 0,15^{-1} = 6,667$$

3.2.2. Sakontzen: oreka-konstantearen dedukzio zinetikoa

K_c oreka-konstantearen adierazpena (masa-ekintzaren legea) zinetika erabiliz justifika daiteke. $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ motako erreakzio batentzat, honela definitzen dira erreakzio zuzenaren eta alderantzizko erreakzioaren abiadurak,

$$\begin{aligned} v_{\text{zuz}} &= k_{\text{zuz}} \cdot [\text{A}]^a \cdot [\text{B}]^b \\ v_{\text{ald}} &= k_{\text{ald}} \cdot [\text{C}]^c \cdot [\text{D}]^d \end{aligned}$$

non k_{zuz} eta k_{ald} konstante zinetikoak diren. Oreka-egoeran, erreakzio zuzenak eta alderantzizkoak abiadura bera dutenez, hau betetzen da:

$$k_{\text{zuz}} \cdot [\text{A}]^a \cdot [\text{B}]^b = k_{\text{ald}} \cdot [\text{C}]^c \cdot [\text{D}]^d$$

Horrenbestez, $k_{\text{zuz}}/k_{\text{ald}}$ konstanteen zatiketa K_c dela frogatu daiteke aurreko adierazpen hori berridazten bada.

$$K_c = \frac{k_{\text{zuz}}}{k_{\text{ald}}} = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

3.3. adibidea: orekako kontzentrazioen kalkulua

$2 \text{ NO}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{ NO} (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g})$ erreakzioaren kasuan, oreka lortzen denean $[\text{NO}_2] = 0,015 \text{ mol/L}$, $[\text{NO}] = 0,0038 \text{ mol/L}$ eta oxigeno kantitate ezezaguna daude. K_c -ren balioa $1,22 \cdot 10^{-4}$ dela jakinda, kalkula ezazu oxigenoaren kontzentrazioa oreka-egoeran.

EBAZPENA

Lehen pausoa taula hau betetzea da:

	2 NO_2	$\rightleftharpoons$	2 NO	O_2
Hasiera (mol/L)	-		-	-
Erreak. (mol/L)	-		-	-
Oreka (mol/L)	0,015		0,0038	x

Datuak oreka-egoerakoak direnez, eta K_c ezaguna denez, masa-ekintzaren legea aplikatu behar da:

$$K_c = \frac{[\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2]}{[\text{NO}_2]^2} = \frac{0,0038^2 \cdot x}{0,015^2} = 1,22 \cdot 10^{-4} \rightarrow x = 0,0019$$

Beraz, $[\text{O}_2]_{\text{orek}} = 0,0019 \text{ mol/L}$ da. Ohar zaitez adibide hau 3.1. adibideko erreakzio bera dela, beste era batera galdetuta.

3.4. adibidea: kalkuluak erreakzioekin

6 L-ko matraz batean 24,2 g amoniako eta 14,6 g nitrogenu sartu dira. Oreka-egoeran, ontzian 1,05 mol amoniako daudela egiaztatu da. Kalkula ezazu amoniakoaren disoziazio-erreakzioaren oreka-konstantea, saiakuntza egin deneko tenperaturan.

Masa atomikoak (u): H: 1, N: 14.

EBAZPENA

Erreakzio doitua honako hau da: $2 \text{NH}_3 (\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2 (\text{g}) + 3 \text{H}_2 (\text{g})$

Matrazean sartu diren konposatuen (amoniakoa eta nitrogenoa) kontzentrazioak kalkulatu behar dira. Kontuan izan kasu honetan hasieran ez dagoela orekarik; izan ere, oreka-egoerara iristeko zenbait kontzentrazio-aldaketa gertatu behar dira.

$MM (\text{N}_2) = 28 \text{ g/mol}$; $28 \text{ g} \text{ — } 1 \text{ mol}$

$14,6 \text{ g} \text{ — } x \text{ mol}$; $x = 0,521 \text{ mol N}_2$

Matrazearen bolumena 6 L denez, $M = 0,521 \text{ mol} / 6 \text{ L} = 0,0868 \text{ mol/L}$

$MM (\text{NH}_3) = 17 \text{ g/mol}$; $17 \text{ g} \text{ — } 1 \text{ mol}$

$24,2 \text{ g} \text{ — } x \text{ mol}$; $x = 1,424 \text{ mol NH}_3$

$M_{\text{has}} = 1,424 \text{ mol} / 6 \text{ L} = 0,237 \text{ mol/L}$

Amoniakoaren kasuan, oreka-egoeran $1,05 \text{ mol}$ daudela egiaztatu da. Matrazea 6 L -koa denez, orekako molartasuna hau da:

$M_{\text{orek}} = 1,05 \text{ mol} / 6 \text{ L} = 0,175 \text{ mol/L}$

Hauek dira hasieran matrazean dauden konposatuak:

	2NH_3	$\rightleftharpoons$	N_2	3H_2
Hasiera (mol/L)	0,237		0,0868	-

Datu horiekin, jarraian, erreakzioari dagokion taula prestatu behar da:

	2NH_3	$\rightleftharpoons$	N_2	3H_2
Hasiera (mol/L)	0,237		0,0868	-
Erreak. (mol/L)	$-2x$		$+x$	$+3x$
Oreka (mol/L)	$0,237 - 2x$		$0,0868 + x$	$3x$

Taulako bigarren lerroan orekara iristeko gertatu behar diren aldaketak idatzi behar dira. Horretarako, lehenik eta behin erreakzioa ezkerrera edo eskuinera desplazatzen hasiko den erabaki behar da. Kasu honetan, hasieran hidrogenorik ez dagoenez, hidrogenoa eratzen den aldera (eskuinera) desplazatzen hasiko da erreakzioa.

Erreakzioa eskuinera desplazatzen ari bada, erreaktiboak kontsumitzen ari dira (zeinu negatiboa) eta produktuak, aldiz, eratzen ari dira (zeinu positiboa). Koefizienteak jartzerakoan erreakzioaren koefiziente estekiometrikoak hartu behar dira kontuan.

Oreka-egoeran amoniako-kontzentrazioa 0,175 mol/L denez:

$$0,237 - 2x = 0,175 \rightarrow 2x = 0,062 \rightarrow x = 0,031$$

Hortaz, x kalkulatu ondoren, nitrogenoaren eta hidrogenoaren orekako kontzentrazioa kalkula daiteke taulatik abiatuz.

$$[\text{N}_2] = 0,0868 + x = 0,118 \text{ mol/L}$$

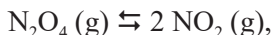
$$[\text{H}_2] = 3x = 0,093 \text{ mol/L}$$

Amaitzeko, orekako kontzentrazio guztiak ezagunak direnez, oreka-konstantearen balioa kalkulatu behar da:

$$K_c = \frac{[\text{H}_2]^3 \cdot [\text{N}_2]}{[\text{NH}_3]^2} = \frac{0,093^3 \cdot 0,118}{0,175^2} = 3,11 \cdot 10^{-3}$$

3.3. DISOZIAZIO-MAILA

Kasu askotan, oreka-erreakzioak honelakoak izaten dira: $\text{A} \rightleftharpoons \text{B} + \text{C}$, alegia, substantzia bat (A) disoziatu egiten da beste substantzia batzuk emateko (adibidean, B eta C). Horrelako erreakzioak dira, esaterako,



motako erreakzioak. Disoziazio-erreakzioetan disoziazio-maila (α) definitzea oso erabilgarria da. Disoziazio-maila (edo disoziazio-gradua*) oreka-egoeran disoziatutako errektiboaren ehunekoa da. Ohar zaitez disoziazio-maila frakzio gisa ere adieraz daitekeela (beraz, % 22 edo 0,22 parekoak dira, adibidez).

3.4. adibidearen kasuan, 0,237 mol/L NH_3 daude hasieran. Oreka-egoerara iristeko, 0,062 mol/L disoziatu dira. Hain zuzen ere, taulako bigarren lerroan, $2x$ mol/L disoziatu direla ikus daiteke, eta x -ren balioa 0,031 da. Hortaz, disoziazio-maila

$$\alpha = \frac{0,062 \text{ mol/L}}{0,237 \text{ mol/L}} \cdot 100 = \% 26,2$$

izango da, edo 0,262.

Aurrera jarraitu baino lehen, hasierako kontzentrazioa ezezaguna denean kalkuluak nola egin behar diren ikusteko une egokia da. Horretarako, azter ezazu 3.3. ariketa ebatzia. Kontuan izan horrelako kasuetan hasierako kontzentrazio ezezagunari C_0 deitu ohi zaiola.

3.4. ERREAKZIO-ZATIDURA

Erreakzio-zatidura edo erreakzioaren koizientea, Q_c , erreaktibo eta produktuen nahaste bat orekan dagoen edo ez jakiteko erabiltzen da. Orekan ez badaude, erreakzioa eskuinera edo ezkerrera desplazatuko den erabakitzeke erabilgarria da. Erreakzio-zatiduraren definizioa oreka-konstantearen definizioaren parekoa da, baina kontzentrazioak ez dira oreka-egoerakoak:

$$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD \Rightarrow Q_c = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

Ondorioz,

$Q_c = K_c$ bada, sistema oreka-egoeran dago eta nahastearen kontzentrazioak orekakoak dira.

$Q_c > K_c$ bada, sistema ez dago orekan. Oreka lortzeko produktuak kontsumitu behar dira eta, hortaz, erreakzioa ezkerrera desplazatuko da.

$Q_c < K_c$ bada, sistema ez dago orekan. Oreka lortzeko erreaktiboak kontsumitu behar dira eta, hortaz, erreakzioa eskuinera desplazatuko da.

Ohar zaitez orain arteko adibide guztietan produktu edo erreaktibo baten hasierako kontzentrazioa 0 zela. Horrelakoetan, beti produktu edo erreaktibo hori eratzen den aldera desplazatzen da erreakzioa, eta, ondorioz, ez da beharrezkoa Q_c kalkulatzeari.

3.5. adibidea: erreakzioaren desplazamendua ezezaguna denean

Demagun $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ erreakzio itzulgarriaren oreka-konstantea 54,0 dela. Erreakzio-ontzi batean 0,20 mol/L I_2 , 0,20 mol/L H_2 eta 1,75 mol/L HI sartzen badira, aztertu ea sistema orekan dagoen eta, orekan ez badago, kalkulatu oreka-egoerako kontzentrazioak.

EBAZPENA

Sistema orekan dagoen edo ez jakiteko, erreakzio-zatidura kalkulatu behar da.

$$Q_c = \frac{[HI]^2}{[H_2] \cdot [I_2]} = \frac{1,75^2}{0,20 \cdot 0,20} = 76,56$$

Oreka-konstantearen balioa 54,0 denez, sistema ez dago orekan. Gainera, $Q_c > K_c$ denez, sistema ezkerrera desplazatu behar da. Hortaz, taula betetzerakoan kontuan izan behar da errektiboak eratzen ari direla, eta produktuak, aldiz, kontsumitzen.

	H ₂	I ₂	⇌	2 HI
Hasiera (mol/L)	0,20	0,20		1,75
Erreak. (mol/L)	+x	+x		-2x
Oreka (mol/L)	0,20 + x	0,20 + x		1,75 - 2x

Kalkuluak egiteko, jakina, oreka-konstantea erabiltzen da eta ez erreakzio-zatidura.

$$K_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2] \cdot [\text{I}_2]} = \frac{(1,75 - 2x)^2}{(0,20 + x) \cdot (0,20 + x)} = 54,0$$

$$\frac{(1,75 - 2x)^2}{(0,20 + x)^2} = 54,0 \rightarrow \frac{1,75 - 2x}{0,20 + x} = \sqrt{54,0}$$

Emaitzak esanahi fisikoa izan behar duenez, aurreko erro horren emaitza positiboa bakarrik hartu behar da kontuan. Ohar zaitetz horrelako ekuazioak, oro har, bigarren mailako ekuazioen prozedurari jarraituz ebazten direla.

$$1,75 - 2x = 7,348 (0,20 + x) \rightarrow 1,75 - 2x = 1,470 + 7,348x$$

$$0,28 = 9,348x \rightarrow x = 0,03$$

Hortaz, substantzia guztien orekako kontzentrazioak hauek dira:

$$[\text{H}_2] = [\text{I}_2] = 0,20 + x = 0,20 + 0,03 = 0,23 \text{ mol/L}$$

$$[\text{HI}] = 1,75 - 2x = 1,69 \text{ mol/L}$$

Ariketa ondo dagoela egiaztatzeko, orekako kontzentrazio horiekin oreka-konstantea kalkula daiteke. $K_c = 53,99$ lortzen da: adibidean emandakoarekin bat dator (54,0).

3.5. K_p OREKA-KONSTANTEA

Orain arte ikusitako adibideetan substantzia guztiak gas-fasean zeuden, hau da, oreka homogeneoak ziren. Orekan dauden gasen kasuan, komenigarria da beste oreka-konstante bat definitzea: K_p . Konstante hori K_c -ren antzekoa da, baina kontzentrazio molarren ordez gasen presio partzialak (atm-tan) erabiltzen dira. Hortaz,

$$aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons cC(g) + dD(g) \quad \Rightarrow \quad K_p = \frac{p(C)^c \cdot p(D)^d}{p(A)^a \cdot p(B)^b}$$

adierazpena lortzen da, non $p(A)$, $p(B)$, $p(C)$ eta $p(D)$ lau gasen presio partzialak diren, atm-tan neurtuak (p_A , p_B , p_C eta p_D moduan ere idatz daitezke).

Erreakzio-zatidurari dagokionez, Q_c -ren parekoa da Q_p -ren kalkulua, eta orekakoak ez diren presio partzialekin kalkulatzen da. Ondorioak ere Q_c -ren kasuan azaldu direnen berdinak dira.

3.6. adibidea

Ontzi itxi batean N_2O_4 (g) $\rightleftharpoons 2 NO_2$ (g) oreka lortzen da. Oreka-egoeran, dinitrogeno tetraoxidoaren presio partziala 0,028 atm da, eta nitrogeno dioxidoarena, aldiz, 0,065 atm. Kalkulatu K_p oreka-konstantearen balioa esperimentua egin den tenperaturan.

EBAZPENA

Datuak orekakoak direnez, zuzenean konstantea kalkula daiteke. Kasu honetan, taula atm-tan betetzen da (nahiz eta taula egitea ez den beharrezkoa, kasu honetan):

	N_2O_4	$\rightleftharpoons$	$2 NO_2$
Oreka (atm)	0,028		0,065

$$K_p = \frac{p(NO_2)^2}{p(N_2O_4)} = \frac{0,065^2}{0,028} = 0,151$$

3.5.1. Oinarritzkoa: gas idealak, presioa eta kontzentrazioa

Ontzian gas bakarra dagoenean

Gogoan izan gas idealek $pV = nRT$ erlazioa betetzen duten gasak direla, non:

p : presioa (atm) (760 mmHg = 1 atm); V : bolumena (L); n : mol kopurua (mol); T : tenperatura (K) (beste unitateak: K = °C + 273); R : gas idealen konstantea (0,082 atm L/mol K).

Adibidez, 5 L-ko ontzi batean 200 K-ean 3 mol hidrogeno gas sartzen badira, ontziaren presioa totala 9,84 atm da.

$$pV = nRT \rightarrow p = \frac{nRT}{V} = \frac{3 \cdot 0,082 \cdot 200}{5} = 9,84 \text{ atm}$$

Ontzian gas bat baino gehiago dagoenean

Kasu horretan, gas bakoitzak bere presio partziala izango du eta ontziaren presio totala bertan dauden gas guztien presio partzialen batura da. Demagun aurreko adibideko 5 L-ko ontzian eta 200 K-ean, 3 mol hidrogeno, 2 mol oxigeno eta 4 mol nitrogeno daudela. Zein da gas bakoitzaren presio partziala? Eta presio totala?

Gas bakoitzaren presio partziala kalkulatzeko $pV = nRT$ erabili behar da, kasu bakoitzean dagokion gasaren mol kopurua jarritz n -ren ordeaz. Hortaz, hidrogenoaren presio partziala 9,84 atm da, oxigenoaren presio partziala 6,56 atm, eta nitrogenoarena 13,12 atm. Presio totala bi eratara kalkula daiteke, eta jakina, erantzun bera lortzen da.

Aukera bat ontzian dauden gas guztien presio partzialak gehitzea da:

$$p_T = 9,84 \text{ atm} + 6,56 \text{ atm} + 13,12 \text{ atm} = 29,52 \text{ atm}$$

Bigarren aukera, ontzian dagoen mol kopuru totala kalkulatzeko da, hau da,

$$3 \text{ mol H}_2 + 2 \text{ mol O}_2 + 4 \text{ mol N}_2 = 9 \text{ mol gas}$$

eta datu horrekin gas idealen legea, $pV = nRT$ aplikatzea. Kasu horretan ere, ontziaren presio totala 29,52 atm da, noski.

Kontzentrazioaren eta presioaren arteko erlazioa

Askotan, ontzian dagoen konposatu baten kontzentrazioa ezagutuko dugu (mol/L-tan) eta presioa lortu beharko dugu, edo alderantziz. Kasu horretan, molartasuna $M = n/V$ erlazioa denez,

$$pV = nRT \rightarrow p = (n/V)RT = MRT \rightarrow p = MRT$$

erlazioa lortzen da, gas idealen kasuan kontzentrazioak eta presio partzialak kalkulatzeko erabil daitekeena. Izan ere, A gasaren presio partziala eta haren molartasuna honela erlazionatzen dira, ikusi dugunez:

$$p(A) = M_A \cdot R \cdot T$$

Demagun, 300 K-ean dagoen 3 L-ko ontzi batean HCl-aren kontzentrazioa 0,05 mol/L dela. Zein da HCl-aren presioa?

$$p(\text{HCl}) = M_{\text{HCl}} \cdot R \cdot T = 1,23 \text{ atm}$$

3.5.2. Sakontzen: Dalton-en legea

Daltonen legeak adierazten du gas-nahaste batean, osagai guztien presio partzialen batura nahastearen presio totala dela, hau da:

$$p_T = \sum_{i=1}^n p_i = p_1 + p_2 + \dots + p_n$$

Era berean, adierazpen horretatik abiatuz ondoriozta daiteke presio totalaren eta osagai baten frakzio molarren arteko biderkadura osagai horren presio partziala dela:

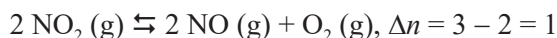
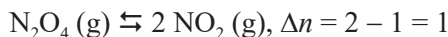
$$p_i = \chi_i \cdot p_T \quad \text{non} \quad \chi_i = \frac{n_i}{n_T}$$

3.5.3. K_p -ren eta K_c -ren arteko erlazioa

Daltonen legea erabiliz, K_c eta K_p oreka-konstanteak erlazionatuta daudela frogatu daiteke. Horregatik, kasu askotan ariketak bi eratara egin daitezke: presio partzialekin edo kontzentrazio molarrekin. Oreka-konstante bat ezagututa bestea lortzeko erlazio hauek erabili behar dira:

$$K_c = K_p \cdot (R \cdot T)^{-\Delta n} \quad \text{edo} \quad K_p = K_c \cdot (R \cdot T)^{\Delta n}$$

Δn erreakzioan gertatzen den gas-mol kopuruaren aldaketa da (produktuak – erreaktiboak). Oro har, $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ erreakzio itzulgarriaren kasuan: $\Delta n = (c + d) - (a + b)$. Esaterako:



Aipatzekoa da $\Delta n = 0$ denean $K_c = K_p$ betetzen dela. Era berean, $\Delta n = 0$ denean, oreka-konstantearen balioa lortzeko ez da beharrezkoa ontziaren bolumena ezagutzea. Taula moletan egin daiteke, eta ondoren masa-ekintzaren legea aplikatu, osagaiak moletan adieraziz. Aztertu, esaterako, 3.11. ariketa ebatziaren kasua.

3.7. adibidea

Kalkulatu 3.6. adibidean aztertutako erreakzioaren K_c oreka-konstantea, ontzia 1.200 °C-an dagoela jakinda.

EBAZPENA

Tenperatura: $1.200\text{ °C} + 273 = 1473\text{ K}$

Erreakzio itzulgarria $\text{N}_2\text{O}_4 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2 (\text{g})$ denez, $\Delta n = 2 - 1 = 1$ da, eta $K_p = 0,151$ dela ere ezaguna da (3.6. adibidean kalkulatu da). Hortaz,

$$K_c = K_p \cdot (R \cdot T)^{-\Delta n} = 0,151 \cdot (0,082 \cdot 1473)^{-1} = 1,25 \cdot 10^{-3}$$

3.5.4. Sakontzen: K -ren eta ΔG -ren arteko erlazioa

Oreka-konstantea, K , erreakzioaren energia askearen aldaketarekin, ΔG^0 -rekin, adierazpen honen bidez erlazionatzen da:

$$\Delta G^0 = -R \cdot T \cdot \ln K$$

Ekuazio horretan ordezkatu beharreko R -ren balioa 8,31 J/(mol K) da. Kontuan izan kalkulatu nahi dena K denean, berriz, adierazpena hau dela:

$$K = e^{(-\Delta G^0/RT)}$$

K benetako konstante termodinamikoa da (adimentsionala) eta K_c -ren zein K_p -ren zenbakizko balio berdina du, presioak atm-tan (K_p) eta kontzentrazioak mol/L-tan (K_c) adierazita badaude. Zorrotzak izanez gero, presioaren kasuan datuak bar-etan adierazi behar dira, eta ondoren, $K_p = K/(p^0)^{\Delta n}$ erabiliz unitateak aldatu, non $p^0 = 1$ bar den. 1 atm = 1,01325 bar direnez, antzeko emaitzak lortzen dira hori kontuan hartu gabe ere.

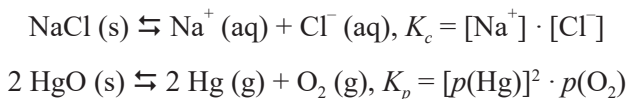
Edonola ere, kontuan hartu behar da:

$\Delta G^0 > 0$ denean, $K < 1$ da eta, hortaz, erreakzioak ezkerrera desplazatzeko joera du.

$\Delta G^0 < 0$ denean, $K > 1$ da eta, hortaz, erreakzioak eskuinera desplazatzeko joera du.

3.5.5. Sakontzen: oreka heterogeneoak

Oreka heterogeneoetan erreaktibo eta produktu guztiak ez daude gas-fasean. Kasu horietan, solido eta likido puruen kontzentrazioa konstantetzat jotzen da eta, hortaz, oreka heterogeneoen konstanteetan ez dira kontuan hartzen. Esaterako,



Kontuan izan lehenengo erreakzioaren kasuan, substantzia akuosoak eta likido puruak ez direla gauza bera. Substantzia akuosen kontzentrazioa aldakorra da, eta, hortaz, oreka-konstantean kontuan hartzen dira; baina, likido puruen kontzentrazioak konstantetzat jotzen direnez, ez dira azaltzen oreka-konstanteetan.

3.6. LE CHÂTELIER-EN PRINTZIPIOA

Erreakzio kimiko itzulgarri bat oreka-egoeran dagoenean, hainbat aldaketa egin edo gerta daitezke oreka horretan. Arau orokor bat dago aldaketa horien ondoren erreakzioa zein noranzkotan desplazatuko den auresateko: Le Châtelierren printzipioa. Oro har, oreka-egoeran dagoen sistema kanpo-aldaketaren kontra egiteko noranzkoan desplazatuko da. Ondoren, sistema berrantolatu egingo da beste oreka-egoera batera iristeko. Azter ditzagun aldaketa horiek banan-banan.

Kontzentrazio-aldaketak

Orekan dagoen sistema bati substantzia bat gehitzen bazaio, erreakzioa substantzia hori kontsumitzen den aldera desplazatuko da; eta, alderantziz, sistematik substantzia bat kentzen bada, erreakzioa substantzia hori eratzen den aldera desplazatuko da.

Esaterako, $2 \text{SO}_3 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_2 (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g})$ orekaren kasuan, kanpotik sufre dioxidoa gehitzen bada, erreakzioa ezkerrera desplazatuko da (SO_2 -a kontsumitzeko). Aldiz, erreakzio-ontzitik oxigenoa kentzen bada, erreakzioa eskuinera desplazatuko da (O_2 -a eratzeko). Edozein kasutan, kontzentrazio-aldaketek eragindako desplazamenduen ondoren, beste oreka-egoera batera iritsiko da sistema.

Presio- eta bolumen-aldaketak

Presioa eta bolumena estuki lotuta daude: presioa handitzen bada, bolumena txikitu egiten da, eta alderantziz. Sistemak aldaketa horien aurrean duen portaera honako hau da: presioa handitzen bada edo bolumena txikitzen bada, sistema mol kopurua txikiena den noranzkoan desplazatuko da. Presioa txikitzen bada edo bolumena handitzen bada, oreka mol kopuru handiena dagoen noranzkoan desplazatuko da. Ondorioz, $\Delta n = 0$ bada, presio- eta bolumen-aldaketek ez dute sisteman eragiten.

Ohar zaitetz presio- eta bolumen-aldaketek ez dietela solidoei eta likidoiei eragiten, konprimaeezinak direlako. Beraz, mol kopurua aipatu denean, gas-fasean dauden substantzien molak bakarrik hartu behar dira kontuan.

Adibidez, $2 \text{SO}_3 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_2 (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g})$ orekaren kasuan, bi aldaketa egin daitezke: presioa handitzen bada (edo bolumena txikitzen bada), oreka ezkerrera desplazatuko da, 2 mol daudelako errektiboen aldean. Aldiz, presioa txikitzen bada (edo bolumena handitzen bada), sistema eskuinera desplazatuko da, 3 mol daudelako produktuen aldean.

Tenperatura-aldaketak

Sistema bati beroa ematen zaionean (tenperatura igo delako), bero hori kontsumitzeko noranzkoan desplazatuko da erreakzioa, eta, beroa kentzen zaionean, berriz, beroa ekoizteko noranzkoan desplazatuko da. Tenperatura-aldaketen eragina aztertzeke ezinbestekoa da erreakzio termokimikoa ezagutzea, hau da, erreakzioa exotermikoa edo endotermikoa den jakitea.

Erreakzioa exotermikoa bada ($\Delta H < 0$),



motako erreakzio itzulgarria izango dugu. Tenperatura igotzen bada, erreakzioa beroa kontsumitzen den aldera desplazatuko da, alegia, ezkerrera. Hori eginez,

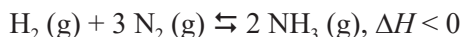
sistema tenperatura jaisten saiatuko da, Le Châtelierren printzipioaren arabera (kanpo-aldaletaren aurka egiten du orekak). Tenperatura jaisten bada, aldiz, oreka beroa ekoizten den noranzkoan desplazatuko da, hau da, eskuinera.

Erreakzioa endotermikoa bada ($\Delta H > 0$), kontrakoa gertatuko da. Erreakzioa



eran berridatz daiteke eta, hortaz, tenperatura igotzen bada, erreakzioa eskuinera desplazatuko da. Tenperatura jaisten bada, berriz, oreka ezkerrera desplazatuko da beroa ekoizteko.

Azter ditzagun bi oreka hauek:



Lehenengo erreakzioari dagokionez, amoniakoaren sintesi-erreakzioa exotermikoa da, hortaz, tenperatura igotzen bada, oreka ezkerrera desplazatuko da, eta tenperatura jaisten bada, aldiz, eskuinera. Bigarren erreakzioaren kasuan, aldiz, kloroaren disoziazio-erreakzioa endotermikoa da: tenperatura igotzen bada, eskuinera desplazatuko da beroa kontsumitzeko, eta tenperatura jaisten bada, berriz, ezkerrera desplazatuko da, beroa ekoizteko.

Katalizatzaileak

Katalizatzaileek erreakzioaren abiadura azkartzen dute, aktibazio-energia txikitzen dutelako. Hala ere, gogoratu katalizatzaileek ez dituztela funtzio termodinamikoak aldatzen, eta, ondorioz, katalizatzaile bat gehitzeak ez du oreka-egoera aldatzen. Beraz, katalizatzaile baten presentzian, erreakzioa azkarrago iritsiko da oreka-egoerara, baina oreka ez da aldatuko. Ohar zaitez katalizatzaile negatiboak ere badirela, alegia, erreakzio-abiadura moteltzeko gai diren katalizatzaileak.

Gas geldoak

Erreakzio-ontzian gas geldo bat gehitzen bada, gehikuntza hori presio konstantean edo bolumen konstantean egin den aztertu behar da. Gehikuntza bolumen konstantean egiten bada, ontzian zeuden substantzien presio partzialak eta kontzentrazioak ez dira aldatuko, hortaz, orekari ez dio eragingo. Gas geldoaren gehikuntza presio konstantean egiten bada, berriz, bolumena handitu egin behar da. Bolumen-aldaletak orekari eragingo dio eta erreakzioa mol kopuru handiena dagoen aldera desplazatuko da. Gogoratu $\Delta n = 0$ denean bolumen-aldaletak ez dutela sisteman eragiten.

3.6.1. Sakontzen: temperatura-aldaketen eragina oreka-konstantean

Tenperatura-aldaketen kasuan, garrantzitsua da gogoratzea oreka-konstanteak tenperaturaren arabera aldatzen direla. Beraz, oreka berria lortzen denean, K_c -ren balioa (edo K_p -rena) aldatu egingo da. Oro har, prozesu zuzena endotermikoa bada, tenperatura igotzen denean K_c -ren balioa handiagoa da, eta exotermikoa bada, aldiz, K_c -ren balioa txikiagoa da.

Kalkuluak van't Hoff-en ekuazioa erabiliz egin behar dira:

$$\ln\left(\frac{K_1}{K_2}\right) = \frac{\Delta H}{R} \cdot \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$$

non K_1 -en balioa T_1 tenperaturari dagokion oreka-konstantea den, eta K_2 -rena T_2 tenperaturari dagokiona. ΔH erreakzioaren entalpia-aldaketa da eta $R = 8,31 \text{ J/(mol K)}$.

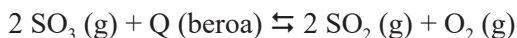
3.8. adibidea: Le Châtelierren printzipioaren aplikazio kualitatiboa

Aztertu zer eragin izango duten aldaketa hauek $2 \text{ SO}_3 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{ SO}_2 (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g})$ orekan, erreakzioa endotermikoa dela jakinda.

- a) Tenperaturak gora egitean.
- b) Presioa handitzean.
- c) Erreakzio-ontzitik oxigenoa kentzean.
- d) Erreakzio-ontzian sufre trioxidoa gehitzean.

EBAZPENA

Erreakzioa endotermikoa denez, horrela idatz daiteke:



- a) Tenperaturak gora egiten duenean, Le Châtelierren printzipioaren arabera, sistemak kanpo-aldaketaren aurka egingo du bero hori kontsumituz. Erreakzioa endotermikoa denez, beroa kontsumitzeko eskuinera desplazatuko da, beste oreka-egoera batera iritsi arte.
- b) Presioa handitzean, bolumena txikitu egiten da. Hortaz, Le Châtelierren printzipioaren arabera, sistema mol kopuru txikiena dagoen aldera desplazatuko da. Kasu honetan, ezkerrera desplazatuko da, erreaktiboan aldean 2 mol daudelako (produktuen aldean, berriz, 3 mol daude).

c) Ontzitik oxigenoa kentzen bada, Le Châtelierren printzipioaren arabera, sistemak kanpo-aldaketaren aurka egingo du oxigenoa eratuz. Horretarako, erreakzioa eskuinera desplazatuko da beste oreka-egoera batera iritsi arte.

d) Sufre trioxidoa gehitzen bada, sistema sufre trioxidoa kontsumitzen den aldera desplazatuko da, hau da, eskuinera.

Ohar zaitetz Le Châtelierren printzipioari buruzko galderei erantzuteko beti antzeko egitura erabili behar dela: *lehenengo oreka hautsiko da, eta ondoren, Le Châtelierren printzipioaren arabera, erreakzioak kanpo-aldaketaren kontra egingo du [azalpenak], eta amaieran beste oreka-egoera batera iritsiko da sistema.*

Zenbait kasutan, aplikazio kualitatiboaz gainera (alegia, erreakzioaren desplazamendua ezkerredera edo eskuinera izango den auresatea), kalkuluak egitea eska daiteke. Kasu horietan gogoratu kanpo-aldaketek ez dutela oreka-konstantea aldatzen, tenperaturaren kasuan izan ezik. Beraz, oreka-egoerako datuak hasierako egoera izango dira eta oreka berriko kontzentrazioak edo presio partzialak kalkulatu beharko dira; horretarako hasierako oreka-egoerako datuekin konstantea kalkulatu behar izaten da.

Le Châtelierren printzipioari buruzko ariketei kuantitatiboki erantzuten jakitea ere garrantzitsua da, esaterako, 3.5. edo 3.8. ariketa ebatzietan azalduko diren kasuak.

3.7. EBATZITAKO ARIKETAK

3.1. ariketa ebatzia: oreka-konstantearen kalkulua

2 L-ko ontzi batean hidrogenoz eta nitrogenoz osaturiko nahaste bat jarri da, 600 °C-an. Oreka lortu ondoren, 40,2 g nitrogeno, 2,3 g hidrogeno eta 4,8 g amoniako daude. Kalkulatu oreka-konstantearen balioa tenperatura horretan.

Masa atomikoak (u): H: 1, N: 14.

EBAZPENA

Lehen pausoa erreakzio doitua idaztea da: $\text{N}_2 (\text{g}) + 3 \text{H}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3 (\text{g})$

Ondoren, orekan dauden konposatuen kontzentrazioa lortu behar da.

$MM(\text{N}_2) = 28 \text{ g/mol}$; 28 g — 1 mol

40,2 g — x mol; $x = 1,436 \text{ mol N}_2$

Ontziaren bolumena 2 L denez, $M = 1,436 \text{ mol} / 2 \text{ L} = 0,718 \text{ mol/L}$

$$MM(\text{H}_2) = 2 \text{ g/mol}; \quad 2 \text{ g} \longrightarrow 1 \text{ mol}$$

$$2,3 \text{ g} \longrightarrow x \text{ mol}; \quad x = 1,15 \text{ mol H}_2$$

$$M = 1,15 \text{ mol} / 2 \text{ L} = 0,575 \text{ mol/L}$$

$$MM(\text{NH}_3) = 17 \text{ g/mol}; \quad 17 \text{ g} \longrightarrow 1 \text{ mol}$$

$$4,8 \text{ g} \longrightarrow x \text{ mol}; \quad x = 0,283 \text{ mol NH}_3$$

$$M = 0,283 \text{ mol} / 2 \text{ L} = 0,141 \text{ mol/L}$$

Kasu honetan beharrezkoa ez den arren, erreakzioari dagokion taula hau da:

	N_2	3 H_2	$\rightleftharpoons$	2 NH_3
Hasiera (mol/L)	-	-		-
Erreak. (mol/L)	-	-		-
Oreka (mol/L)	0,718	0,575		0,141

Oreka-egoerako datuekin K_c kalkula daiteke:

$$K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{H}_2]^3 \cdot [\text{N}_2]} = \frac{0,141^2}{0,575^3 \cdot 0,718} = 0,146$$

3.2. ariketa ebatzia

Demagun ontzi batean 0,32 mol/L N_2O_4 jartzen direla. Temperatura jakin batean, oreka lortzen da erreakzio itzulgarri honen arabera: $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{ NO}_2(\text{g})$. Temperatura horretan, K_c -ren balioa 2,7 bada, kalkulatu oreka-egoera lortutakoan konposatu guztiek izango duten kontzentrazioa.

EBAZPENA

	N_2O_4	$\rightleftharpoons$	2 NO_2
Hasiera (mol/L)	0,32		0
Erreak. (mol/L)	$-x$		$+2x$
Oreka (mol/L)	$0,32 - x$		$2x$

$$K_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} \rightarrow 2,7 = \frac{(2x)^2}{0,32 - x}$$

$$2,7(0,32 - x) = 4x^2 \rightarrow 0,864 - 2,7x = 4x^2 \rightarrow 4x^2 + 2,7x - 0,864 = 0$$

Bigarren mailako ekuazioa askatu ondoren, x -ren bi balio lortzen dira: 0,237 eta -0,912. Bigarrena ezinezkoa da, kontzentrazioa ezin delako negatiboa izan.

Hortaz, $x = 0,237$ da eta balio horrekin orekako kontzentrazioak kalkula daitezke:

$$[\text{N}_2\text{O}_4] = 0,32 - x = 0,083 \text{ mol/L}$$

$$[\text{NO}_2] = 2x = 0,474 \text{ mol/L}$$

Oreka-egoerako kontzentrazio horiekin $K_c = 2,7$ dela egiazta daiteke, kalkuluak egokiak direla ziurtatzeko.

3.3. ariketa ebatzia: hasierako kontzentrazioa ezezaguna denean

Demagun 2 litroko matraze batean sufre trioxido kantitate ezezaguna jarri dela. Matrazea tenperatura jakin bateraino berotu da eta oreka-egoeran 4 mol oxigeno daudela egiaztatu da. Disoziazio-erreakzioa $2 \text{SO}_3(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ da, eta oreka-konstantea 0,25. Kalkulatu hiru substantzien kontzentrazioa oreka-egoeran, eta, halaber, sufre trioxidoaren disoziazio-maila.

EBAZPENA

Kasu honetan hasieran jarritako substantziaren kontzentrazioa ezezaguna da. Horrelakoetan, C_0 deitu ohi zaio kontzentrazio ezezagun horri eta, ondoren, taula betetzen da. Hauexek dira hasierako datuak:

	2SO_3	$\rightleftharpoons$	2SO_2	O_2
Hasiera (mol/L)	C_0		0	0

Hasieran produkturik ez dagoenez, oreka eskuinera desplazatuko da: erreaktiboak kontsumitu eta produktuak eratu. Hortaz,

	2SO_3	$\rightleftharpoons$	2SO_2	O_2
Hasiera (mol/L)	C_0		0	0
Erreak. (mol/L)	$-2x$		$+2x$	$+x$
Oreka (mol/L)	$C_0 - 2x$		$2x$	x

Kontuan izan orekako oxigeno-kontzentrazioa ezaguna dela:

$$[\text{O}_2] = 4 \text{ mol} / 2 \text{ L} = 2 \text{ mol/L}$$

Hortaz, $x = 2$ da eta oreka-egoerako kontzentrazioak, berriz, hauek:

$$[\text{SO}_3] = C_0 - 4$$

$$[\text{SO}_2] = 4 \text{ mol/L}$$

$$[\text{O}_2] = 2 \text{ mol/L}$$

Oreka-egoerako datuekin, eta K_c ezaguna denez, masa-ekintzaren legea aplikatu behar da:

$$K_c = \frac{[\text{SO}_2]^2 \cdot [\text{O}_2]}{[\text{SO}_3]^2} = \frac{4^2 \cdot 2}{(C_0 - 4)^2} = 0,25 \rightarrow 0,25 = \frac{32}{C_0^2 - 8C_0 + 16}$$

Gogoratu $(a - b)^2 = a^2 - 2ab + b^2$ dela. Ekuazioa askatuta, bigarren mailako adierazpen hau lortzen da:

$$0,25 = \frac{32}{C_0^2 - 8C_0 + 16} \rightarrow 0,25C_0^2 - 2C_0 + 4 = 32 \rightarrow 0,25C_0^2 - 2C_0 - 28 = 0$$

Bigarren mailako ekuazio hori askatu ondoren, C_0 -ren bi balio lortzen dira: 15,314 eta -7,314. Bigarrenak ez du esanahi fisikorik (negatiboa delako), hortaz, $C_0 = 15,314$ da erantzun zuzena. Ondorioz,

$[\text{SO}_3]_{\text{orekan}} = C_0 - 4 = 11,314 \text{ mol/L}$ da, eta disoziazio-maila, aldiz, honako hau:

$$\alpha = \frac{\text{Disoziatu dena}}{\text{Hasierako kontz.}} = \frac{4 \text{ mol/L}}{15,314 \text{ mol/L}} \cdot 100 = \% 26,12 \text{ (edo } 0,2612\text{)}$$

Kontuan izan disoziatutako sufre trioxido kantitatea ezagutzeko taulako bigarren lerroa aztertu behar dela: kasu honetan $2x$ da disoziatutakoa, eta $x = 2$ da.

3.4. ariketa ebatzia

0,5 L-ko ontzi batean 0,4 mol amoniako sartu dira, 700 °C-an. Oreka-egoeran 0,1 mol amoniako daudela egiaztatu da.

- Lortu $2 \text{ NH}_3 (\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2 (\text{g}) + 3 \text{ H}_2 (\text{g})$ orekaren K_c konstantearen balioa.
- Arrazoiu norantz desplazatuko den oreka, presioa handitzen bada.

EBAZPENA

a)

Hasieran 0,4 mol NH_3 sartu dira, hortaz: $[\text{NH}_3]_{\text{has}} = 0,4 \text{ mol} / 0,5 \text{ L} = 0,8 \text{ mol/L}$.

Oreka-egoeran, aldiz, 0,1 mol bakarrik daude: $[\text{NH}_3]_{\text{orek}} = 0,1 \text{ mol} / 0,5 \text{ L} = 0,2 \text{ mol/L}$.

Azter dezagun amoniakoaren disoziazio-erreakzioaren taula:

	2 NH_3	$\rightleftharpoons$	N_2	3 H_2
Hasiera (mol/L)	0,8		0	0
Erreak. (mol/L)	$-2x$		$+x$	$+3x$
Oreka (mol/L)	$0,8 - 2x$		x	$3x$

Oreka-egoeran amoniako-kontzentrazioa 0,2 mol/L dela kalkulatu dugu, beraz:

$$0,8 - 2x = 0,2 \rightarrow 2x = 0,6 \rightarrow x = 0,3$$

x kalkulatu ondoren, nitrogenoaren eta hidrogenoaren orekako kontzentrazioa kalkula daiteke taulatik abiatuz.

$$[\text{N}_2] = x = 0,3 \text{ mol/L}$$

$$[\text{H}_2] = 3x = 0,9 \text{ mol/L}$$

Oreka-egoerako kontzentrazio guztiak ezagunak direnez, K_c konstantearen balioa kalkula daiteke:

$$K_c = \frac{[\text{H}_2]^3 \cdot [\text{N}_2]}{[\text{NH}_3]^2} = \frac{0,9^3 \cdot 0,3}{0,2^2} = 5,47$$

b)

Oreka-egoeran presioa handitzen bada, bolumena txikitu egingo da. Ondorioz, Le Châtelierren printzipioaren arabera, sistema gasen mol kopurua txikiena den noranzkoan desplazatuko da. Kasu honetan, errektiboen mol kopurua txikiagoa da produktuena baino, hortaz, oreka ezkererantz desplazatuko da. Amaieran beste oreka-egoera batean egongo da sistema.

3.5. ariketa ebatzia

$\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ orekaren K_c konstantearen balioa 54,8 da, 425 °C-an. 2,0 L-ko matraze batean 2,4 mol hidrogeno ioduro sartu dira.

a) Kalkulatu konposatu guztien kontzentrazioa orekan.

b) Oreka lortu ondoren 0,4 mol hidrogeno sartu dira matrazean. Kalkulatu konposatu guztien kontzentrazioa oreka-egoera lortzen denean.

EBAZPENA

a)

Hasieran 2,4 mol HI sartu dira, beraz, $[\text{HI}]_{\text{has}} = 2,4 \text{ mol} / 2,0 \text{ L} = 1,2 \text{ mol/L}$.

Oreka-konstantearen balioa ezaguna da. Kasu honetan, taula betetzerakoan kontuan izan behar da erreakzioa ezkerrera desplazatzen hasiko dela, beraz, erreaktiboak eratzen ari dira, eta produktuak, aldiz, kontsumitzen. Hortaz,

	H_2	I_2	$\rightleftharpoons$	2 HI
Hasiera (mol/L)	0	0		1,2
Erreak. (mol/L)	+x	+x		-2x
Oreka (mol/L)	x	x		1,2 - 2x

Oreka-konstantearen definiziotik:

$$K_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2] \cdot [\text{I}_2]} = \frac{(1,2 - 2x)^2}{x \cdot x} = 54,8$$

$$\frac{(1,2 - 2x)^2}{x^2} = 54,8 \rightarrow \frac{1,2 - 2x}{x} = \sqrt{54,8}$$

Emaitzak esanahi fisikoa izan behar duenez, erro horren emaitza positiboa bakarrik hartu behar da kontuan eta, ondorioz, ez da beharrezkoa bigarren mailako ekuazioa askatzea.

$$1,2 - 2x = 7,403x \rightarrow 9,40x = 1,2 \rightarrow x = 0,128$$

Hortaz, substantzia guztien oreka-egoerako kontzentrazioak honako hauek dira:

$$[\text{H}_2] = [\text{I}_2] = x = 0,128 \text{ mol/L}$$

$$[\text{HI}] = 0,944 \text{ mol/L}$$

Ariketa ondo dagoela egiazta daiteke orekako kontzentrazio horiekin oreka-konstantea kalkulatz. $K_c = 54,39$ lortzen da: adibidean emandakoarekin bat dator (54,8).

b)

Oreka-egoera lortu ondoren 0,4 mol hidrogeno sartu dira. Lehendabizi, oreka galduko da eta, Le Châtelierren printzipioak dioenez, erreakzioak kanpo-aldaketaren aurka egingo du. Hortaz, hidrogeno-kontzentrazioa handitu denez, erreakzioa hidrogenoa kontsumitzen den noranzkoan desplazatuko da, hau da, eskuinerantz.

Aurreko ataleko orekako kontzentrazioak hasierako kontzentrazioak dira orain. Gainera, hidrogenoa sartu denez, hau da gehitu den kontzentrazioa:

$$[\text{H}_2]_{\text{sartu}} = 0,4 \text{ mol} / 2,0 \text{ L} = 0,2 \text{ mol/L}.$$

Ondorioz, hidrogeno-kontzentrazioa hasieran honako hau izango da (hain zuzen ere, hasieratik zegoenaren eta sartu denaren arteko batura):

$$[\text{H}_2]_{\text{has}} = 0,128 \text{ mol/L} + 0,2 \text{ mol/L} = 0,328 \text{ mol/L}$$

	H_2	I_2	$\rightleftharpoons$	2 HI
Hasiera (mol/L)	0,328	0,128		0,944
Erreak. (mol/L)	$-x$	$-x$		$+2x$
Oreka (mol/L)	$0,328 - x$	$0,128 - x$		$0,944 + 2x$

Gogoratu erreakzioa eskuinera desplazatzen hasiko dela Le Châtelierren printzipioaren arabera. Oreka-konstantearen balioa ez denez aldatzen, orekako kontzentrazio horiek $K_c = 54,8$ bete behar dute.

$$K_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2] \cdot [\text{I}_2]} = \frac{(0,944 + 2x)^2}{(0,328 - x) \cdot (0,128 - x)} = \frac{0,891x + 3,776x^2 + 4x^2}{0,0420 - 0,328x - 0,128x + x^2} = 54,8$$

$$54,8 (0,0420 - 0,456x + x^2) = 0,891 + 3,776x + 4x^2$$

$$2,302 - 24,989x + 54,8x^2 = 0,891 + 3,776x + 4x^2 \rightarrow 50,8x^2 - 28,765x + 1,411 = 0$$

x -ren bi balio lortzen dira bigarren mailako ekuazioa askatu ondoren: 0,512 eta 0,0542. Lehenak ez dauka esanahi fisikorik, orekako kontzentrazio negatiboak emango lituzke eta. Hortaz, oreka-egoerako kontzentrazioak hauek dira, $x = 0,0542$ dela kontuan hartuta:

$$[\text{H}_2] = 0,328 - x = 0,328 - 0,0542 = 0,274 \text{ mol/L}$$

$$[\text{I}_2] = 0,128 - x = 0,0738 \text{ mol/L}$$

$$[\text{HI}] = 0,944 + 2x = 1,052 \text{ mol/L}$$

3.6. ariketa ebatzia

Matraze itxi batean sufre dioxidoa eta oxigenoa sartu dira, 1.200 °C-an. Sufre dioxidoaren presio partziala 1,5 atm da, eta oxigenoarena, aldiz, 7,5 atm. Oreka-egoeran, ontziaren presio totala 8,3 atm dela jakinda, kalkulatu K_c eta K_p konstante balioa eta orekako kontzentrazioa eta presio partzial guztiak. Sufre trioxidoaren disoziazio-erreakzioa $2 \text{SO}_3(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ da.

EBAZPENA

Ariketa hori presio partzialak edo kontzentrazioak erabiliz ebatz daiteke. Presioekin egitea erabakiz gero, taula honela bete behar da:

	2SO_3	$\rightleftharpoons$	2SO_2	O_2
Hasiera (atm)	0		1,5	7,5
Erreak. (atm)	+2x		-2x	-x
Oreka (atm)	2x		1,5 - 2x	7,5 - x

Bestalde, matrazearen presio totala 8,3 atm denez, orekan dauden hiru substantzien presio partzialen baturak 8,3 izan behar du, hau da,

$$2x + (1,5 - 2x) + (7,5 - x) = 8,3 \rightarrow x = 0,7$$

Hortaz, oreka-egoeran substantzia guztien presio partzialak kalkula daitezke:

$$p(\text{SO}_3) = 2x = 1,4 \text{ atm}$$

$$p(\text{SO}_2) = 1,5 - 2x = 0,1 \text{ atm}$$

$$p(\text{O}_2) = 7,5 - x = 6,8 \text{ atm}$$

Datu horiekin, K_p oreka-konstantearen balioa kalkula daiteke:

$$K_p = \frac{p(\text{SO}_2)^2 \cdot p(\text{O}_2)}{p(\text{SO}_3)^2} = \frac{0,1 \cdot 6,8}{1,4} = 0,0347$$

Orekako kontzentrazioak lortzeko, presio partzialak erabili behar dira, izan ere,

$$p(A) = M_A \cdot R \cdot T \rightarrow M_A = \frac{p(A)}{R \cdot T}$$

erlazioa kontuan hartu behar da. Hortaz, orekako kontzentrazioak honako hauek dira:

$$[\text{SO}_3] = 1,4 / (0,082 \cdot 1473) = 0,0116 \text{ mol/L}$$

$$[\text{SO}_2] = 0,1 / (0,082 \cdot 1473) = 8,279 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$[\text{O}_2] = 6,8 / (0,082 \cdot 1473) = 0,0563 \text{ mol/L}$$

K_c -ren balioa lortzeko bi bideri jarrai dakieke. K_p -tik abiatuz kalkula daiteke:

$$K_c = K_p \cdot (R \cdot T)^{-\Delta n} = 0,0347 \cdot (0,082 \cdot 1473)^{-1} = 2,873 \cdot 10^{-4}$$

Beste aukera bat orekako kontzentrazioak erabiltzea da; izan ere, kalkulatuta daude:

$$K_c = \frac{[\text{SO}_2]^2 \cdot [\text{O}_2]}{[\text{SO}_3]^2} = 2,868 \cdot 10^{-4}$$

Jakina, emaitza bera lortzen da (desberdintasuna zifra dezimalen biribilketaren ondorio da).

3.7. ariketa ebatzia

3 litroko ontzi batean 5 mol PCl_5 sartu dira eta 450 K-eko tenperaturara berotu dira. Oreka lortu denean, fosforo pentakloruroaren disoziazio-maila % 70 dela egiaztatu da. Disoziazioan kloroa eta fosforo trikloruroa eratzen dira, $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ erreakzio itzulgarriaren arabera.

- Kalkulatu orekaren K_c eta K_p konstanteak.
- Kloroaren presio partziala orekan.
- Aurrean zer gertatuko den (kualitatiboki) ontzitik kloroa ateratzen bada.

EBAZPENA

a)

Hasierako PCl_5 kontzentrazioa: $[\text{PCl}_5]_{\text{has}} = 5 \text{ mol} / 3 \text{ L} = 1,667 \text{ mol/L}$

Taula honela bete behar da, hasierako kontzentrazio hori kontuan hartuta:

	PCl_5	$\rightleftharpoons$	PCl_3	Cl_2
Hasiera (mol/L)	1,667		0	0
Erreak. (mol/L)	-x		+x	+x
Oreka (mol/L)	1,667 - x		x	x

Disoziazio-maila (α) ezaguna denez, jarritako 1,667 mol/L horien % 70ek erreakzionatuko du, hau da, $1,667 \text{ mol/L} \times 0,70 = 1,167 \text{ mol/L}$. Hori da, hain zuzen ere, x-ren balioa, beraz, orekako kontzentrazioak kalkula daitezke.

$$[\text{PCl}_5] = 1,667 - x = 0,5 \text{ mol/L}$$

$$[\text{Cl}_2] = 1,167 \text{ mol/L}$$

$$[\text{PCl}_3] = 1,167 \text{ mol/L}$$

Kontzentrazio guztiak ezagunak direnez, K_c kalkula daiteke:

$$K_c = \frac{[\text{PCl}_3] \cdot [\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]} = \frac{1,167 \cdot 1,167}{0,5} = 2,723$$

K_p lortzeko, aldiz, adierazpen hau erabili behar da:

$$K_p = K_c \cdot (R \cdot T)^{\Delta n} = 2,723 \cdot (0,082 \cdot 450)^1 = 100,479$$

b)

Kloroaren presio partziala lortzeko kloroaren kontzentrazio molarra erabili behar da, hau da:

$$p(\text{Cl}_2) = M_{\text{Cl}_2} \cdot R \cdot T \rightarrow p(\text{Cl}_2) = 1,167 \cdot 0,082 \cdot 450 = 43,06 \text{ atm}$$

Ohar zaitez K_p kalkulatzeko beste bide bat dela konposatu guztien presio partzialak kalkulatzea eta, ondoren, oreka-konstantearen definizioa erabiltzea (atm-tan).

c)

Le Châtelierren printzipioa kontuan hartuta, oreka-egoeran kloroa ontzitik ateratzen bada, oreka eskuinera desplazatuko da. Eskuinera desplazatzen denean, kloroa eratuko da, eta, jakina denez, orekak kanpo-aldaketaren aurka egin behar du.

3.8. ariketa ebatzia

Ontzi itxi batean, oreka-egoeran daude $[\text{Cl}_2] = 2 \text{ mol/L}$, $[\text{CO}] = 20 \text{ mol/L}$ eta $[\text{COCl}_2] = 20 \text{ mol/L}$, $\text{CO (g)} + \text{Cl}_2 \text{ (g)} \rightleftharpoons \text{COCl}_2 \text{ (g)}$ erreakzio itzulgarriaren arabera. Enbolo baten bidez ontziaren presioa bikoizten bada, kalkulatu zein izango den hiru substantzien kontzentrazioa.

EBAZPENA

Hasierako kontzentrazioak oreka-egoerakoak direnez, K_c kalkula daiteke:

$$K_c = \frac{[\text{COCl}_2]}{[\text{CO}] \cdot [\text{Cl}_2]} = \frac{20}{2 \cdot 20} = 0,5$$

Ondoren, kanpo-aldaketa bat egin da sisteman: presioa bikoiztu da. Le Châtelierren printzipioaren arabera, erantzun kualitatiboa erraza da: presioa handitzen bada, bolumena txikitu egingo da eta, ondorioz, erreakzioa mol kopuru txikiena den noranzkoan desplazatuko da, hain zuzen ere, eskuinera.

Oreka-egoera berrian kontzentrazioak aldatu egingo dira, baina oreka-konstantea ez da aldatzen. Horri esker, bigarren oreka-egoeran lortuko diren kontzentrazio zehatzak kalkula daitezke. Presioa bikoitza bada, bolumena hasierakoaren erdia izango da. Hortaz, kontzentrazioak bikoiztu egingo dira. Azken finean, mol kopuru bera dago, baina, bolumena txikiagoa denez, kontzentrazioak igo egiten dira. Hain zuzen ere, kanpo-aldaketaren ondoren, kontzentrazioak hauek dira:

$$[\text{CO}] = 40 \text{ mol/L}$$

$$[\text{Cl}_2] = 4 \text{ mol/L}$$

$$[\text{COCl}_2] = 40 \text{ mol/L}$$

Kontzentrazio horiek hasierako egoerakoak dira, eta taula honela bete behar da (oreka eskuinera desplazatzen dela gogoratu):

	CO	Cl ₂	⇌	COCl ₂
Hasiera (mol/L)	40	4		40
Erreak. (mol/L)	-x	-x		+x
Oreka (mol/L)	40 - x	4 - x		40 + x

Ohar zaitetz orekaren desplazamendua auresateko erreakzio-zatidura, Q_c , ere erabil daitekeela. Kasu horretan, hasierako kontzentrazioekin kalkuluak egiten badira, $Q_c = 0,25$ da. Hortaz, erreakzio-zatidura oreka-konstantea baino txikiagoa denez, sistema eskuinera desplazatuko dela ondorioztatzen da. Edonola ere, egin ditzagun kalkuluak oreka-egoerako kontzentrazioekin:

$$K_c = \frac{[\text{COCl}_2]}{[\text{CO}] \cdot [\text{Cl}_2]} = \frac{40 + x}{(40 - x) \cdot (4 - x)} = \frac{40 + x}{160 - 40x - 4x + x^2} = 0,5$$

$$40 + x = 0,5 (160 - 44x + x^2) \rightarrow 40 + x = 80 - 22x + 0,5x^2 \rightarrow 0,5x^2 - 23x + 40 = 0$$

x -ren bi balio lortzen dira bigarren mailako ekuazioa askatu ondoren: 44,19 eta 1,81. Lehenak ez dauka esanahi fisikorik, orekako kontzentrazio negatiboak emango lituzke eta. Hortaz, oreka-egoerako kontzentrazioak hauek dira:

$$[\text{CO}] = 40 - x = 40 - 1,81 = 38,19 \text{ mol/L}$$

$$[\text{Cl}_2] = 4 - x = 2,19 \text{ mol/L}$$

$$[\text{COCl}_2] = 40 + x = 41,81 \text{ mol/L}$$

Ariketa ondo dagoela egiaztatzeko, orekako kontzentrazio horiekin oreka-konstantea kalkula daiteke. $K_c = 0,50$ lortzen da; eta hortaz, hasieran kalkulatuak direkin bat dator.

3.9. ariketa ebatzia

Nitrogeno dioxidoak sufre dioxidoarekin erreakzionatzen du erreakzio itzulgarri honen arabera: $\text{NO}_2(\text{g}) + \text{SO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NO}(\text{g}) + \text{SO}_3(\text{g})$. 2,0 L-ko matraze batean, oreka-egoeran daude 1,2 mol SO_3 , 0,8 mol NO, 0,2 mol NO_2 eta 1,4 mol SO_2 . Kalkulatu:

a) K_p oreka-konstantearen balioa.

b) Zenbat NO mol gehitu behar diren, oreka-egoeran 0,3 mol NO_2 egon daitezen.

EBAZPENA

a)

$\Delta n = 0$ denez, $K_p = K_c$ betetzen da, beraz, nahikoa da oreka-egoerako kontzentrazioekin K_c -ren balioa kalkulatzeko. Kontzentrazioak honako hauek dira:

$$[\text{NO}_2] = 0,2 \text{ mol} / 2 \text{ L} = 0,1 \text{ mol/L}$$

$$[\text{NO}] = 0,8 \text{ mol} / 2 \text{ L} = 0,4 \text{ mol/L}$$

$$[\text{SO}_3] = 1,2 \text{ mol} / 2 \text{ L} = 0,6 \text{ mol/L}$$

$$[\text{SO}_2] = 1,4 \text{ mol} / 2 \text{ L} = 0,7 \text{ mol/L}$$

Beraz,

$$K_c = \frac{[\text{NO}] \cdot [\text{SO}_3]}{[\text{NO}_2] \cdot [\text{SO}_2]} = \frac{0,4 \cdot 0,6}{0,1 \cdot 0,7} = 3,429$$

b)

Oreka-egoeran NO-a gehitzen bada, erreakzioa ezkerrera desplazatuko da NO hori kontsumitzeko. Hasieran oreka-egoera galduko da eta, ezkerrera desplazatu ondoren, beste oreka bat lortuko da. Emaizta zehatza kalkulatzeko, gehitu behar den NO kontzentrazioari y esango diogu:

	NO_2	SO_2	$\rightleftharpoons$	NO	SO_3
Hasiera (mol/L)	0,1	0,7		$0,4 + y$	0,6
Erreak. (mol/L)	+x	+x		-x	-x
Oreka (mol/L)	$0,1 + x$	$0,7 + x$		$0,4 + y - x$	$0,6 - x$

Bestalde, oreka-egoeran 0,3 mol NO_2 -k egon behar dutenez, hain zuzen ere,

$$[\text{NO}_2]_{\text{orek}} = 0,3 \text{ mol} / 2 \text{ L} = 0,15 \text{ mol/L}$$

izan behar du. Hortaz,

$$0,1 + x = 0,15 \rightarrow x = 0,05$$

da, eta taulako oreka-egoerako kontzentrazio guztiak kalkula daitezke, NO-arena izan ezik.

$$[\text{NO}_2] = 0,1 + x = 0,15 \text{ mol/L}$$

$$[\text{SO}_3] = 0,6 - x = 0,55 \text{ mol/L}$$

$$[\text{SO}_2] = 0,7 + x = 0,75 \text{ mol/L}$$

$$[\text{NO}] = 0,4 - x + y = 0,35 + y$$

Oreka-konstantearen balioa ezaguna denez (aurreko atalean kalkulatu dugu), y-ren balioa aska daiteke. Hain zuzen ere:

$$K_p = K_c = \frac{[\text{NO}] \cdot [\text{SO}_3]}{[\text{NO}_2] \cdot [\text{SO}_2]} = \frac{0,55 \cdot (0,35 + y)}{0,15 \cdot 0,75} = \frac{0,1925 + 0,55y}{0,1125} = 3,429$$

$$0,386 = 0,192 + 0,55y \rightarrow 0,194 = 0,55y \rightarrow y = 0,353$$

Hortaz, oreka-egoeran nitrogeno monoxido kontzentrazioa honako hau da:

$$[\text{NO}] = 0,35 + 0,353 = 0,706 \text{ mol/L}$$

Kalkuluak zuzenak direla egiaztatzeko orekako kontzentrazio horiekin K_c kalkula daiteke (3,452) eta aurreko atalean lortu denaren berdina dela ikusten da (3,429).

Dena den, ariketan gehitu beharreko NO mol kopurua kalkulatzeko eskatzen da. 0,353 mol/L gehitu behar direnez, eta matrazea 2 L-koa denez; $0,353 \times 2 = 0,706$ mol NO gehitu behar dira.

3.10. ariketa ebatzia

COCl_2 -a oreka honen arabera disoziatzen da: $\text{COCl}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO} (\text{g}) + \text{Cl}_2 (\text{g})$. Demagun 1.000 K-ean dagoen ontzi batean, % 49ko disoziazioa duela eta ontziaren presio totala 1 atm dela. Kalkulatu:

a) K_p .

b) Disoziazio-maila, presio totala 4 atm denean (tenperatura berean).

EBAZPENA

a)

Datu ezagunak presioari buruzkoak direnez, komenigarriagoa da taula atm-tan betetzea. Hasierako presio partziala, p_0 , ezezaguna dela kontuan hartu behar da. Disoziazio-maila, aldiz, ezaguna da ($\alpha = 0,49$) eta, hortaz, hau idatz daiteke:

	COCl_2	$\rightleftharpoons$	CO	Cl_2
Hasiera (mol/L)	p_0		0	0
Erreak. (mol/L)	$0,49p_0$		$+0,49p_0$	$+0,49p_0$
Oreka (mol/L)	$p_0 - 0,49p_0$		$0,49p_0$	$0,49p_0$

Izan ere, disoziazio-maila % 49 bada, hasieran jarritako COCl_2 -aren % 49k erreakzionatuko du, hau da, $0,49p_0$. Gauza bera egin daiteke taula kontzentrazioekin egitea erabakitzen bada (hasierakoari C_0 deituz, kasu horretan). Presio totala 1 atm denez, osagai guztien presio partzialen batura 1 atm da. Beraz,

$$p_0 - 0,49p_0 + 0,49p_0 + 0,49p_0 = 1 \rightarrow 1,49p_0 = 1 \rightarrow p_0 = 0,671 \text{ atm}$$

izango da eta, datu horrekin orekako presio partzial guztiak kalkula daitezke.

$$p(\text{COCl}_2) = 0,342 \text{ atm}$$

$$p(\text{Cl}_2) = p(\text{CO}) = 0,329 \text{ atm}$$

Presio partzialak kalkulatu ondoren, K_p lor daiteke:

$$K_p = \frac{[\text{CO}] \cdot [\text{Cl}_2]}{[\text{COCl}_2]} = \frac{0,329 \cdot 0,329}{0,342} = 0,316$$

b)

Ontzia tenperatura berean mantentzen denez, K_p ez da aldatzen. Taula betetzerakoan, dena den, hasierako presio partziala (p_0) eta disoziazio-maila (α) ezezagunak dira.

	COCl_2	$\rightleftharpoons$	CO	Cl_2
Hasiera (mol/L)	p_0		0	0
Erreak. (mol/L)	αp_0		$+\alpha p_0$	$+\alpha p_0$
Oreka (mol/L)	$p_0 - \alpha p_0$		αp_0	αp_0

K_p -ren definiziotik, honako hau idatz daiteke:

$$K_p = \frac{[\text{CO}] \cdot [\text{Cl}_2]}{[\text{COCl}_2]} = \frac{\alpha p_0 \cdot \alpha p_0}{p_0 - \alpha p_0} = \frac{\alpha^2 p_0^2}{p_0 - \alpha p_0} = 0,316$$

$$\frac{\alpha p_0 \cdot \alpha p_0}{p_0 - \alpha p_0} = \frac{\alpha^2 p_0^2}{p_0(1 - \alpha)} = \frac{\alpha^2 p_0}{1 - \alpha} = 0,316 \rightarrow p_0 = \frac{0,316(1 - \alpha)}{\alpha^2}$$

Bestalde, presio totalaren adierazpena hau da (kasu honetan, 4 atm da presio totala):

$$p_0 - \alpha p_0 + \alpha p_0 + \alpha p_0 = 4 \rightarrow p_0 + \alpha p_0 = 4 \rightarrow (1 + \alpha) p_0 = 4 \rightarrow p_0 = 4/(1 + \alpha)$$

Aurreko bi adierazpen horietan lortutako p_0 -ren balioek berdinak izan behar dutenez, ekuazio hau lortzen da:

$$\frac{0,316(1 - \alpha)}{\alpha^2} = \frac{4}{(1 + \alpha)} \rightarrow (1 - \alpha) \cdot (1 + \alpha) = \frac{4\alpha^2}{0,316} \rightarrow 1 - \alpha^2 = 12,658\alpha^2$$

$$1 = 13,658\alpha^2 \rightarrow \alpha = 0,27$$

Beraz, ontziaren presio totala 4 atm bada, % 27 da disoziazio-maila.

3.11. ariketa ebatzia

1.600 g iodo eta 20 g hidrogeno 700 K-era berotzen direnean 1.300 g hidrogeno ioduro lortzen dira, oreka honen arabera: $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{HI}(\text{g})$. Kalkulatu:

a) K_c -ren balioa.

b) Temperatura berean dagoen beste ontzi berdin batean 10 mol iodo eta 10 mol hidrogeno sartzen badira, zein izango den oreka-egoeran konposatu guztien kontzentrazioa.

c) Erreakzioa arinki exotermikoa ($\Delta H < 0$) dela jakinda, aurrean oreka norantz desplazatuko den temperatura igotzen bada.

Masa atomikoak (u): H: 1, I: 126,9.

EBAZPENA

a)

Matrazean sartu diren konposatuen (amoniakoaren eta nitrogenoaren) kontzentrazioak kalkulatu behar dira, baina ontziaren bolumena ezezaguna da. Kasu honetan, $\Delta n = 0$ dela konturatzea garrantzitsua da: alde batetik, $K_c = K_p$ beteko delako, eta, bestetik, oreka-konstantea bolumena ezagutu gabe kalkula daitekeelako. Erreakzioari

dagokion taula moletan bete daiteke eta, ondoren, ohiko ekuazioa aplikatu (mol erabiliz mol/L ordez).

$$\begin{array}{ll}
 MM(\text{H}_2) = 2 \text{ g/mol}; & 2 \text{ g} \longrightarrow 1 \text{ mol} \\
 & 20 \text{ g} \longrightarrow x \text{ mol}; \quad x = 20 \text{ mol H}_2 \\
 MM(\text{I}_2) = 253,8 \text{ g/mol}; & 253,8 \text{ g} \longrightarrow 1 \text{ mol} \\
 & 1.600 \text{ g} \longrightarrow x \text{ mol}; \quad x = 6,3 \text{ mol I}_2 \\
 MM(\text{HI}) = 127,8 \text{ g/mol}; & 253,8 \text{ g} \longrightarrow 1 \text{ mol} \\
 & 1.300 \text{ g} \longrightarrow x \text{ mol}; \quad x = 10,16 \text{ mol HI}
 \end{array}$$

Hasieran ontzian sartu diren konposatuekin (hidrogenoa eta iodoa) taula bete behar da, kasu honetan, moletan.

	H_2	I_2	$\rightleftharpoons$	2 HI
Hasiera (mol)	20	6,3		0
Erreak. (mol)	$-x$	$-x$		$+2x$
Oreka (mol)	$20 - x$	$6,3 - x$		$2x$

Oreka-egoerako hidrogeno ioduro molak ezagunak dira, beraz,

$$2x = 10,16 \rightarrow x = 5,08$$

Hortaz, substantzia guztien orekako mol kopuruak hauek dira:

$$n(\text{H}_2) = 20 - x = 20 - 5,08 = 14,92 \text{ mol}$$

$$n(\text{I}_2) = 6,3 - x = 1,22 \text{ mol}$$

$$n(\text{HI}) = 2x = 10,16 \text{ mol}$$

Datu horiekin, oreka-konstantea kalkula daiteke.

$$K_c = \frac{[n(\text{HI})]^2}{n(\text{H}_2) \cdot n(\text{I}_2)} = \frac{10,16^2}{14,92 \cdot 1,22} = 5,67$$

$\Delta n = 0$ denez, azken batean oreka-konstantearen adierazpenean agertuko liratekeen bolumen guztiak sinplifikatu egiten dira, eta, horregatik erabil daiteke formula moletan. Azken batean:

$$K_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2] \cdot [\text{I}_2]} = \frac{[n(\text{HI})]^2 / V^2}{n(\text{H}_2) / V \cdot n(\text{I}_2) / V} = \frac{[n(\text{HI})]^2}{n(\text{H}_2) \cdot n(\text{I}_2)}$$

b)

Atal honetan beste esperimentu bat egiten da aurrekoaren berdina den ontzi batean. Tenperatura berean egiten denez, oreka-konstantearen balioa ez da aldatzen. Honako hauek dira ontzian sartu diren kantitateak:

	H_2	I_2	$\rightleftharpoons$	2 HI
Hasiera (mol)	10	10		0
Erreak. (mol)	$-x$	$-x$		$+2x$
Oreka (mol)	$10 - x$	$10 - x$		$2x$

Kasu honetan oreka-konstantea ezaguna da (ekuazioan kontzentrazioak idatzi dira definizioa mantentzeko, baina benetan moletan egingo da kalkulua):

$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2] \cdot [I_2]} = \frac{(2x)^2}{(10-x) \cdot (10-x)} = 5,67$$

$$\frac{(2x)^2}{(10-x)^2} = 5,67 \rightarrow \frac{2x}{10-x} = \sqrt{5,67}$$

Gogoratu azken pauso hori egin daitekeela, emaitzak esanahi fisikoa izan behar duelako.

$$2x = 2,381 (10 - x) \rightarrow 2x = 23,81 - 2,381x \rightarrow 23,81 = 4,381x \rightarrow x = 5,435$$

Hortaz, substantzia guztien orekako mol kopurua hau da:

$$[H_2] = [I_2] = 10 - x = 10 - 5,435 = 4,565 \text{ mol}$$

$$[HI] = 2x = 10,87 \text{ mol}$$

Kalkuluak ondo egin direla ziurtatzeko orekako mol kopuru horiekin oreka-konstantea kalkula daiteke eta emaitza bera lortzen dela ikusi.

c)

Erreakzioa arinki exotermikoa denez, honela berriidatz daiteke:



Kasu horretan, tenperatura igotzen bada, erreakzioa bero hori kontsumitzen den aldera desplazatuko da, alegia, ezkerrera. Hori eginez, sistema tenperatura jaisten saiatuko da, Le Châtelierren printzipioaren arabera (kanpo-aldaketaren aurka egiten du orekak).

3.12. ariketa ebatzia

2,5 L-ko matraze batean 2 mol hidrogeno, 2 mol iodo eta 25 mol hidrogeno ioduro sartu dira. $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{HI}(\text{g})$ erreakzio itzulgarriarentzat oreka-konstantearen balioa 46 da. Kalkulatu oreka-egoeran zein izango den substantzia bakoitzaren kontzentrazioa.

EBAZPENA

Ariketan ez da aipatzen oreka-konstantea K_c edo K_p den, baina, $\Delta n = 0$ denez, $K_c = K_p$ dela gogoratu. Bestalde, ariketan ez da adierazten sistema orekan dagoen edo ez, hortaz, erreakzio-zatidura erabili behar da hori ebaluatzeko.

$$[\text{H}_2] = 2 \text{ mol} / 2,5 \text{ L} = 0,8 \text{ mol/L}$$

$$[\text{I}_2] = 2 \text{ mol} / 2,5 \text{ L} = 0,8 \text{ mol/L}$$

$$[\text{HI}] = 25 \text{ mol} / 2,5 \text{ L} = 10 \text{ mol/L}$$

$$Q_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2] \cdot [\text{I}_2]} = \frac{10^2}{0,8 \cdot 0,8} = 156,25$$

Oreka-konstantearen balioa 46 denez, sistema ez dago orekan. Gainera, $Q_c > K_c$ denez, sistemak ezkerrera desplazatu behar du. Hortaz, taula betetzerakoan kontuan izan behar da erreaktiboak eratzen ari direla, eta produktuak, aldiz, kontsumitzen.

	H_2	I_2	$\rightleftharpoons$	2 HI
Hasiera (mol/L)	0,8	0,8		10
Erreak. (mol/L)	+x	+x		-2x
Oreka (mol/L)	0,8 + x	0,8 + x		10 - 2x

Kalkuluak egiteko, jakina, oreka-konstantea erabiltzen da eta ez erreakzio-zatidura.

$$10 - 2x = 6,782 (0,8 + x) \rightarrow 10 - 2x = 5,426 + 6,782x$$

$$4,574 = 8,782x \rightarrow x = 0,521$$

Hortaz, substantzia guztien orekako kontzentrazioak hauek dira:

$$[\text{H}_2] = [\text{I}_2] = 0,8 + x = 0,8 + 0,521 = 1,321 \text{ mol/L}$$

$$[\text{HI}] = 10 - 2x = 8,958 \text{ mol/L}$$

3.8. ARIKETAK

3.1. ariketa

2 L-ko ontzi batean fosforo pentakloruroa sartu da, 275 °C-an. Oreka-egoeran, 0,048 mol PCl_5 eta 0,020 mol PCl_3 daude. $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ deskonposizio-erreakzioaren K_p oreka-konstantea 1,15 dela jakinda, kalkulatu:

- Ontziaren presio totala orekan.
- Fosforo trikloruroaren presio partziala orekan.
- Zer egin behar da kloro gutxiago agertzeko, ontziaren presioa handitu ala txikitu? Arrazoitu.

Erantzunak: a) 4,29 atm, b) 2,76 atm, c) presioa handitu.

3.2. ariketa

1,5 litroko erreakzio-matraxe batean 1,5 mol COBr_2 sartu dira, 70 °C-an. COBr_2 deskonposatu egiten da, erreakzio honen arabera: $\text{COBr}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{g})$. $K_c = 0,1$ izanik, kalkulatu:

- Orekako bromo molak.
- Sistemaren presio totala.
- K_p .

Erantzunak: a) 0,54 mol, b) 35,71 atm, c) 2,81.

3.3. ariketa

NOCl konposatua $2 \text{NOCl}(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ erreakzio endotermiko eta itzulgarriaren arabera disoziatzen da. 0,5 L-ko matraxe batean 0,25 mol NOCl sartu dira eta 800 K-era berotu ondoren, orekan disoziazioa % 40 dela egiaztatu da. Kalkulatu:

- K_c .
- K_p .
- Oreka lortu ondoren ontzia hozten bada, zer gertatuko da?

Erantzunak: a) 0,0444, b) 2,913, c) ezkerrera desplazatuko da.

3.4. ariketa

$\text{CO (g)} + \text{H}_2\text{O (g)} \rightleftharpoons \text{CO}_2 \text{ (g)} + \text{H}_2 \text{ (g)}$ erreakzio itzulgarriaren K_p oreka-konstantea 0,6 da 990 °C-an. Temperatura horretan dagoen matrize batean 1 mol H_2O eta 3 mol CO nahastu dira, 2 atm-ko presioan. Kalkulatu:

- Orekan zenbat mol hidrogeno dauden ontzian.
- Hidrogenoaren presio partziala.

Erantzunak: a) 0,674 mol, b) 0,337 atm.

3.5. ariketa

30 °C-an dagoen 10 L-ko ontzi batean 1,05 mol N_2O_4 eta 0,25 mol NO_2 sartu dira, eta orekan daudela egiaztatu da.

- Kalkulatu K_c eta K_p .

b) Ontzian 1 mol N_2O_4 gehitzen bada, auresan zer gertatuko den. Ondoren, kalkulatu zein izango den N_2O_4 kontzentrazioa, oreka-egoera lortzen denean.

Erantzunak: a) $K_c = 5,952 \cdot 10^{-3}$, $K_p = 0,148$, b) 0,0345 mol/L.

3.6. ariketa

5 litroko ontzi batean 0,3 mol karbono dioxido eta 0,2 mol hidrogeno nahastu dira 1.000K-ean. Oreka lortzean, 0,18 mol CO_2 daudela egiaztatu da.

a) Lortu $\text{CO}_2 \text{ (g)} + \text{H}_2 \text{ (g)} \rightleftharpoons \text{CO (g)} + \text{H}_2\text{O (g)}$ erreakzioaren K_c eta K_p konstanteak.

- Presioa handituz gero, norantz desplazatuko da erreakzioa?

Erantzunak: a) $K_c = K_p = 1$, b) ez da desplazatuko.

3.7. ariketa

N_2O_4 -aren disoziazio-erreakzioa honako hau da: $\text{N}_2\text{O}_4 \text{ (g)} \rightleftharpoons 2 \text{ NO}_2 \text{ (g)}$. 2 L-ko ontzi batean 0,11 mol dinitrogeno tetraoxido sartu dira eta ontzia 45 °C-ra berotu da. Oreka-egoeran, ontziaren presio totala 2,3 atm dela egiaztatu da. Kalkulatu:

- N_2O_4 -aren disoziazio-maila.
- Erreakzioaren K_p oreka-konstantearen balioa.
- Oreka lortu ondoren ontzian N_2O_4 gehiago sartzen bada, zer gertatuko da?

Erantzunak: a) % 39,16, b) 5,41, c) eskuinera desplazatuko da.

3.8. ariketa

Amoniakoa industrian nitrogenotik eta hidrogenotik lortzen da. Temperatura jakin batean, 2 mol nitrogeno eta 6,4 mol hidrogeno sartu dira. Oreka-egoera lortzean, guztira 7,5 mol daudela jakinda:

a) Kalkulatu orekako nitrogeno, hidrogeno eta amoniako mol kopurua.

b) Lortu $\text{N}_2 (\text{g}) + 3 \text{H}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3 (\text{g})$ sintesi-erreakzioaren K_c konstantea, ontzia 20 L-koa dela jakinda.

Erantzuna: a) 1,55 mol nitrogeno, 0,9 mol amoniako eta 5,05 mol hidrogeno, b) 0,411.

3.9. ariketa

Tenperatura jakin batean 9,9 mol hidrogeno eta 6,6 mol iodo sartu dira matraze batean eta orekatzen utzi da. Oreka lortu denean, 11,9 mol hidrogeno ioduro daudela egiaztatu da. Matrazea 2,5 L-koa dela jakinda, kalkulatuz:

a) K_c .

b) Sistematik HI guztia aterako balitz, zein izango litzateke oreka-egoera berrian hidrogeno ioduro kontzentrazioa?

Erantzunak: a) 55,15, b) 0,512 mol/L.

3.10. ariketa

Sufre trioxidoaren sintesi-erreakzioa $2 \text{SO}_2 (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3 (\text{g})$ da. 2 litroko ontzi batean 0,4 mol sufre dioxido eta 0,4 mol oxigeno sartzean, oreka-egoeran guztira 0,63 mol daudela egiaztatu da.

a) Kalkulatu sintesi-erreakzioaren K_c oreka-konstantea.

b) Temperatura berean dagoen beste ontzi batean 0,3 mol/L SO_2 eta 0,6 mol/L SO_3 sartzen badira, zein izango da konposatu guztien kontzentrazioa orekan?

Erantzunak: a) 279,23, b) $[\text{SO}_2] = 0,323 \text{ mol/L}$, $[\text{O}_2] = 0,0114 \text{ mol/L}$, $[\text{SO}_3] = 0,577 \text{ mol/L}$.

3.11. ariketa

$\text{CO} (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2 (\text{g}) + \text{H}_2 (\text{g})$ erreakzioaren K_p oreka-konstantearen balioa 0,23 da 2.100 K-ean. Temperatura horretan dagoen 10 L-ko matraze batean 2 mol hidrogeno eta 2 mol karbono dioxido sartu dira eta nahastea 2.100 K-era berotu da. Kalkulatu:

- a) Orekako CO kontzentrazioa.
- b) Karbono dioxidoaren presio partziala orekan.
- c) K_c .
- d) Presioa handitzen bada, zer gertatuko da? Arrazoitu.
- e) Erreakzioa endotermikoa dela joz, zer gertatuko da tenperatura handitzen bada?

Erantzunak: a) 0,135 mol/L, b) 11,19 atm, c) 0,23, d) eraginik ez, e) eskuinera desplazatuko da.

3.12. ariketa

$\text{PCl}_5 (\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3 (\text{g}) + \text{Cl}_2 (\text{g})$ erreakzioaren K_c oreka-konstantea 0,042 dela jakinda, kalkulatu erreakzio hauen oreka-konstanteak:

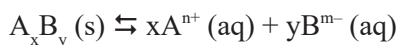
- a) $\text{PCl}_3 (\text{g}) + \text{Cl}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_5 (\text{g})$.
- b) $1/2 \text{PCl}_5 (\text{g}) \rightleftharpoons 1/2 \text{PCl}_3 (\text{g}) + 1/2 \text{Cl}_2 (\text{g})$

Erantzunak: a) 23,81, b) 0,205.

4. Hauspeatze-erreakzioak

4.1. K_s OREKA-KONSTANTEA

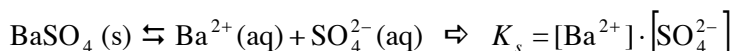
Konposatu ioniko asko (gatzak) disolbagarriak dira uretan. Kasu askotan erreakzio itzulgarrien bidez gertatzen dira substantzia ionikoen disolbatze-prozesuak. Disolbatutako ioien (fase akuosoa edo ur-fasea) eta disolbatu gabeko gatzaren (fase solidoa) artean oreka-egoera dago. Oro har, honelakoak dira disolbagarritasun- edo hauspeatze-orekak:



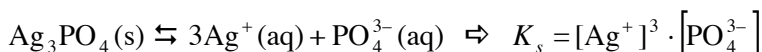
non n eta m , A-ren eta B-ren balentzia ionikoak diren, hurrenez hurren. Erreakzio hori oreka heterogeneoa da, hain zuzen ere, $A_x B_y$ egoera solidoan dagoelako. Gogoratu 3.5.5. atalean oreka heterogeneoetan solido eta likidoak ez direla oreka-konstantean sartzen, haien kontzentrazioa konstantetzat hartzen delako. Hortaz, disolbagarritasun-biderkaduraren konstantea edo disolbagarritasun-biderkadura, K_s , honako hau izango da:

$$K_s = [A^{n+}]^x \cdot [B^{m-}]^y$$

Esaterako, bario sulfatoaren disolbagarritasun-oreka honako hau da:



Aldiz, zilar fosfatoaren disolbagarritasun-oreka hau da:



Disolbagarritasun-biderkadura, edozein oreka-konstante bezala, tenperaturaren mende dago bakarrik. Bestalde, ohar zaitez erreakzio-zatidura ere kalkula daitekeela,

$$Q_s = [A^{n+}]^x \cdot [B^{m-}]^y$$

adierazpena erabiliz. Kasu horretan oreka-egoerakoak ez diren kontzentrazioak ordezkatzek dira. Erreakzio-zatidura aztertuta, ondorio hauek lortzen dira:

$Q_s = K_s$ bada, sistema oreka-egoeran dago.

$Q_s > K_s$ bada, hauspeakina osatuko da, ur-disoluzioa ase dagoelako (solidoa agertuko da).

$Q_s < K_s$ bada, ez da hauspeakinik osatuko: oraindik gatz gehiago disolba daiteke.

4.1. adibidea

Zilar fosfato ur-disoluzio ase batean, fosfato ioiaren kontzentrazioa $3,4 \cdot 10^{-5}$ mol/L da. Kalkulatu zilar fosfatoaren disolbagarritasun-biderkadura.

EBAZPENA

Disolbagarritasun-oreka honako hau da:



Orekari dagokion taula, berriz, hau da:

	Ag_3PO_4	$\rightleftharpoons$	3Ag^+	PO_4^{3-}
Hasiera (mol/L)	C_0		0	0
Erreak. (mol/L)	$-x$		$+3x$	$+x$
Oreka (mol/L)	$C_0 - x$		$3x$	x

Hortaz, disolbagarritasun-biderkadura hau da (gogoratu solidoak ez direla konstantean sartzen):

$$K_s = [\text{Ag}^+]^3 \cdot [\text{PO}_4^{3-}] = (3x)^3 \cdot x = 27x^4$$

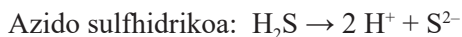
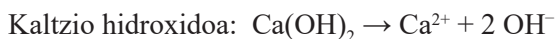
x -ren balioa ezaguna da, hain zuzen ere, $x = [\text{PO}_4^{3-}]$ delako. Hortaz, disolbagarritasun-biderkaduraren, K_s , balioa honako hau da:

$$K_s = 27x^4 = 27 \cdot (3,4 \cdot 10^{-5})^4 = 3,6 \cdot 10^{-17}$$

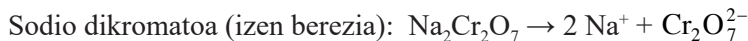
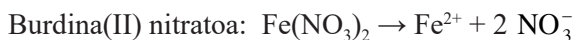
4.1.1. Oinarrizkoa: disoziazio-erreakzioen errepasoa

Azidoen disoziazioa

Formulazio ez-organikotik ezaguna denez, bi azido mota daude: hidrazidoak eta oxoazidoak.

A. Hidrazidoen disoziazioa:*B. Oxoazidoen disoziazioa:**Hidroxidoen disoziazioa:**Gatzen disoziazioa:*

Formulazio ez-organikotik ezaguna denez, bi gatz mota daude: gatz bitarrak (hidrazidoetatik datozenak, izenean -URO atzizkia dutenak) eta oxogatzak (oxoazidoetatik datozenak, hain zuzen ere, izenean -ITO/-ATO atzizkia dutenak).

Gatz bitarren disoziazioa:*Oxogatzen disoziazioa:*

4.2. DISOLBAGARRITASUNA

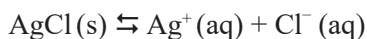
Zenbait kasutan, konposatu baten disolbagarritasuna, S (mol/L-tan), ezagutu nahi da, alegia, disolba daitekeen solutu kontzentrazio maximoa edo disoluzio asearen kontzentrazioa. Oro har, disolbagarritasuna orekari dagokion taulako x -ren balioa dela kontuan izan.

4.2. adibidea

Zilar kloruroaren (AgCl) disolbagarritasun-biderkadura $3,3 \cdot 10^{-13}$ dela jakinda, kalkulatu haren disolbagarritasuna.

EBAZPENA

Disolbagarritasun-oreka honako hau da:



Jarraian, orekari dagokion taula bete behar da:

	AgCl	$\rightleftharpoons$	Ag ⁺	Cl ⁻
Hasiera (mol/L)	C_0		0	0
Erreak. (mol/L)	$-x$		$+x$	$+x$
Oreka (mol/L)	$C_0 - x$		x	x

Hortaz, disolbagarritasun-biderkadura:

$$K_s = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-] = x \cdot x = x^2$$

Gogoratu solidoak ez direla oreka-konstanteetan kontuan hartzen, kontzentrazioa konstantetzat jotzen delako. Bestalde, taulan S erabil daiteke x -ren ordez, balio hori disolbagarritasuna delako.

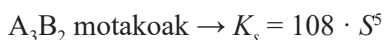
$$K_s = 3,3 \cdot 10^{-13} = x^2 \rightarrow x = S = 5,744 \cdot 10^{-7} \text{ mol/L}$$

4.3. K_s -REN ETA S -REN ARTEKO ERLAZIOA

Badira zenbait formula disolbagarritasun-biderkadura eta disolbagarritasuna erlazionatzeko, gatz motaren arabera:

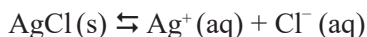
$$\text{AB motako konposatuak} \rightarrow K_s = S^2$$

$$\text{A}_2\text{B eta AB}_2 \text{ motakoak} \rightarrow K_s = 4 \cdot S^3$$



4.4. SAKONTZEN: IOI KOMUNAREN EFEKTUA

Disoluzio berean ioi komun batean disoziatzen diren bi substantzia daudenean, ioi komunaren efektua deritzon mekanismoa gertatzen da. Demagun zilar kloruroa duen ur-disoluzioa dugula eta, hortaz, disolbagarritasun-oreka hau gertatzen dela:



Disoluzio horri kloruroa edo zilarra duen beste gatz bat gehitzen bazaio, bigarren disolbagarritasun-oreka bat agertuko da. Esaterako, zilar fosfatoa gehitzen bada:



Zilar fosfatoaren disoziazioa dela-eta, zilar katioia egongo da disoluzioan eta horrek eragina izango du zilar kloruroaren disolbagarritasun-orekan. Hain zuzen ere, Le Châtelierren printzipioaren arabera, zilar kloruroaren disolbagarritasun-oreka ezkerrera desplazatuko da, eta, beraz, zilar kloruro gutxiago disolbatuko da. Laburtuz, Ag^+ ioiaren kontzentrazioa handitu denez, $AgCl$ -aren disolbagarritasuna gutxitu egin da eta hauspeatzea gertatu da. Horixe da ioi komunaren efektua: disolbagarritasun-oreka bati ioi komun bat gehitzen zaionean, substantziaren disolbagarritasuna gutxitu egiten da.

4.5. EBATZITAKO ARIKETAK

4.1. ariketa ebatzia

Bario iodatoaren, $Ba(IO_3)_2$, disolbagarritasun-biderkadura $6,4 \cdot 10^{-10}$ da tenperatura jakin batean. Kalkulatu:

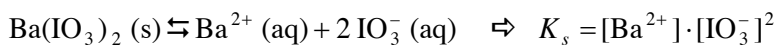
- Bario iodatoaren disolbagarritasuna, mol/L-tan.
- Zenbat gramo bario iodato disolba daitezke 100 mL uretan?

Masa atomikoak (u): Ba: 137,3, I: 126,9, O: 16.

EBAZPENA

a)

Disolbagarritasun-oreka hau da:



Orekari dagokion taula, berriz, hau da:

	$\text{Ba}(\text{IO}_3)_2$	$\rightleftharpoons$	Ba^{2+}	2IO_3^-
Hasiera (mol/L)	C_0		0	0
Erreak. (mol/L)	$-x$		$+x$	$+2x$
Oreka (mol/L)	$C_0 - x$		x	$2x$

Hortaz, disolbagarritasun-biderkadura:

$$K_s = [\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{IO}_3^-]^2 = x \cdot (2x)^2 = 4x^3$$

Gogoratu, teorian azaldu den bezala, $x = S$ dela, hau da, bario iodatoaren disolbagarritasuna. Hortaz,

$$6,4 \cdot 10^{-10} = 4x^3 \rightarrow x = S = 5,429 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

b)

100 mL-tan zenbat gramo disolba daitezkeen kalkulatzeko, disolbagarritasuna g/L-tan adieraztea komenigarria da.

$$MM(\text{Ba}(\text{IO}_3)_2) = 487,1 \text{ g/mol}; \quad 487,1 \text{ g} \text{ — } 1 \text{ mol}$$

$$x \text{ g} \text{ — } 5,429 \cdot 10^{-4} \text{ mol}; \quad x = 0,264 \text{ g}$$

Beraz, bario iodatoaren disolbagarritasuna, tenperatura horretan, 0,264 g/L da. 100 mL-tan,

$$1000 \text{ mL} \text{ — } 0,264 \text{ g}$$

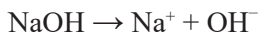
$$100 \text{ mL} \text{ — } x \text{ g}; \quad x = 0,0264 \text{ g disolbatuko dira.}$$

4.2. ariketa ebatzia

Zink hidroxidoaren, $\text{Zn}(\text{OH})_2$, disolbagarritasun-biderkadura $2,5 \cdot 10^{-5}$ da tenperatura jakin batean. 600 mL ZnCl_2 0,03 M eta 600 mL NaOH 0,03 M nahasten badira, hauspeatuko al da $\text{Zn}(\text{OH})_2$ -a?

EBAZPENA

ZnCl_2 -a eta NaOH -a elektrolito sendoak direnez, guztiz disoziatuta daude ur-disoluzioan. Beraz,



erreakzioa itzulezina dela joko dugu. Ondorioz,

$$[\text{Na}^+] = 0,03 \text{ mol/L}$$

$$[\text{OH}^-] = 0,03 \text{ mol/L}$$

dira, eta gauza bera esan daiteke



erreakzioari buruz. Hortaz,

$$[\text{Zn}^{2+}] = 0,03 \text{ mol/L}$$

$$[\text{Cl}^-] = 0,06 \text{ mol/L}$$

izango dira. Kloruroaren kasuan, erlazio estekiometrikoa 1:2 dela kontuan hartu behar da. Bestalde, zink kloruro 600 mL eta sodio hidroxido 600 mL nahastu direnez, amaierako bolumena 1.200 mL izango da. Diluzioa kalkulatzeko, $M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$ erabil daiteke edo zuzenean erdira diluitu dela kontuan hartu. Edonola ere, hauek dira ioi guztien kontzentrazioak nahasketa egin ondoren:

$$[\text{Na}^+] = 0,015 \text{ mol/L}$$

$$[\text{OH}^-] = 0,015 \text{ mol/L}$$

$$[\text{Zn}^{2+}] = 0,015 \text{ mol/L}$$

$$[\text{Cl}^-] = 0,03 \text{ mol/L}$$

Zink hidroxidoa hauspea daitekeenez, Zn^{2+} eta OH^- ioien kontzentrazioa aztertu behar da eta Q_s erreakzio-zatidura kalkulatu. Hain zuzen ere,

$$Q_s = [\text{Zn}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2 = 0,015 \cdot 0,015^2 = 3,375 \cdot 10^{-6}$$

$Q_s < K_s$ denez, zink hidroxidoa ez da hauspeatuko.

4.6. ARIKETAK

4.1. ariketa

Kaltzio oxalatoaren (CaC_2O_4) K_s disolbagarritasun-biderkadura $2,3 \cdot 10^{-9}$ da tenperatura jakin batean. Kalkulatu kaltzio oxalatoaren disolbagarritasuna mol/L eta g/L unitateetan.

Masa atomikoak (u): Ca: 40, C: 12, O: 16.

Erantzunak: $4,80 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$, $6,14 \cdot 10^{-3} \text{ g/L}$.

4.2. ariketa

Zilar kloruroaren ur-disolbagarritasuna 23 °C-an $1,9 \cdot 10^{-4}$ g/100 mL da. Kalkulatu zilar kloruroaren disolbagarritasun-biderkadura.

Masa atomikoak (u): Ag: 107,8, Cl: 35,5.

Erantzuna: $1,758 \cdot 10^{-10}$.

5. Azido-base erreakzioak

5.1. AZIDOAK ETA BASEAK

Kapitulu honetan azidoei eta baseei buruzko bi teoria aztertuko ditugu: Arrhenius-ena (1887koa) eta Brönsted-Lowry-rena (1923koa).

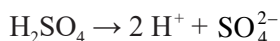
5.1.1. Arrheniusen teoria

Arrheniusen teoria disoziazio elektrolitikoan oinarritzen da. Substantzia batzuk (elektrolitoak) ur-disoluzioan jartzen direnean, ioi positibotan eta negatibotan disoziatzen dira. Esaterako, zink kloruroa eta burdina(II) sulfuroa honela disoziatzen dira:

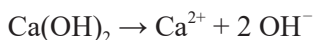


Disoziazio hori neurri handiagoan edo txikiagoan gerta daiteke, eta horren arabera, elektrolito sendoak eta ahulak izan daitezke, hurrenez hurren. Disoziazio elektrolitikoan oinarrituta, Arrheniusek azidoen eta baseen definizio hau proposatu zuen:

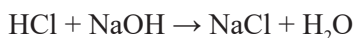
- Azidoa ur-disoluzioan disoziatzean hidrogeno ioiak (H^+) askatzen dituen substantzia da. Adibidez, azido klorhidrikoa eta azido sulfurikoa azidoak dira, disoziatzean H^+ askatzen dutelako:



- Basea, aldiz, ur-disoluzioan disoziatzean hidroxilo ioiak (OH^-) askatzen dituen substantzia da. Definizio horren arabera, sodio hidroxidoa eta kaltzio hidroxidoa, baseak dira:



Arrheniusen teoriaren arabera, azido batek base batekin erreakzionatzen duenean neutralizazio-erreakzioa gertatzen da, hau da, H^+ ioiak eta OH^- ioiak elkartu egiten dira H_2O emateko. Esaterako:



Oro har, azido batek eta base batek erreakzionatzean, gatza eta ura eratuko dira. Ikuspuntu kimikotik, honela ere idatz daiteke:



Esan behar da teoria honek muga garrantzitsuak dituela, adibidez, ezin da azaldu amoniakoa (NH_3) zergatik den basea (hidroxilorik ez du) edo karbono dioxidoa (CO_2) zergatik den azidoa (molekulak hidrogenorik ez du).

5.1. adibidea

Idatzi espezie kimiko hauen disoziazio-erreakzioa, Arrheniusen teoriaren arabera, eta esan azidoak edo baseak diren: CH_3COOH , NaOH , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, H_2CO_3 , H_3O^+ eta HBr .

EBAZPENA

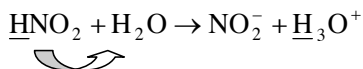
Arrheniusen teoriaren arabera, disoziazio elektrolitikoa idatzi behar da eta, ondoren, H^+ edo OH^- ioiak askatzen diren ikusi: lehenak, azidoak dira, eta bigarrenak, aldiz, baseak.



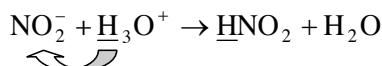
5.1.2. Brönsted-Lowryren teoria

Teoria hau J.N. Brönstedek eta T.M. Lowryk proposatu zuten, eta protoi-transferentziaren ideian oinarritzen da. Brönsted-Lowry teoria Arrheniusena baino zabalagoa da, eta honela definitzen ditu azidoak eta baseak:

Azidoa, beste substantzia bati H^+ ioiak emateko gai den espezie kimikoa da, eta basea, aldiz, beste substantzia baten H^+ ioiak jasotzeko gai den espezie kimikoa. Aipatzen den *beste substantzia* hori ura izango da normalean (ur-disoluzioekin arituko baikara gehienetan). Kontuan hartu bi definizio horien arabera azido-base erreakzioak protoi-transferentziak direla azken batean: substantzia batek (azidoak) protoia emango du eta beste batek jasoko du (baseak). Demagun azido klorhidrikoaren kasua:

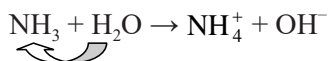


Ikus daitekeenez, protoi-transferentzia gertatu da HCl-tik H₂O-ra. Lehena, beraz, azidoa da, eta bigarrena, berriz, basea. Erreakzio hauek itzulgarriak izan daitezke, hain zuzen ere:

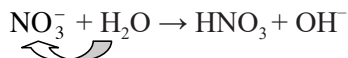


Bigarren kasuan, H₃O⁺ ioia azidoa da (protoia ematen du), eta Cl⁻ ioia, aldiz, basea (protoia jasotzen du). Garrantzitsua da esatea H₃O⁺ eta H⁺ ioiak parekotzat hartu behar direla. Izan ere, H⁺ ioien tamaina txikia dela-eta, ur-disoluzioan H₂O molekulaz inguratuta daude, eta H₃O⁺ ioi moduan adierazi ohi dira (hidronio edo oxonio ioia).

Bestalde, lehenago esan den bezala, Arrheniusen teoriaren bidez ezin da amoniakoaren base-izaera azaldu, baina Brönsted-Lowryren teoria erabiliz, bai:



Amoniakoa protoia jasotzeko gai da eta, hortaz, basea da. Aurrerago ikusiko dugunez, erreakzio hori itzulgarria da eta, beraz, gezi bikoitza jartzea dagokio. Beste adibide honetan nitrato ioiaren base-izaera ikus daiteke:



Hortaz, Brönsted-Lowryren teoriaren arabera, azido-base erreakzioa azido batetik base bateraino gertatzen den protoien transferentzia-prozesua da. Protoi-transferentzian azido-base bikote konjokatuak lortzen dira. Oro har:



Esaterako, HCl azidoaren base konjokatua Cl⁻ anioia da, NH₃ basearen azido konjokatua NH₄⁺ katioia da, eta abar.

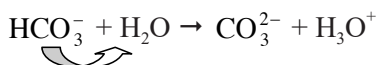
Oro har, esan behar da Brönsted-Lowryren teoria Arrheniusena osatzeko oso erabilgarria dela. Gainera, definizio berriaren arabera azidoak eta baseak ura ez den beste disolbatzaileetan ere defini daitezke, edozein disolbatzailearentzat baliagarria baita. Neutralizazio-kontzeptua ere birdefinitu behar da teoria honen arabera; izan ere, neutralizazioa azido baten H⁺ ioia base batera transferitzea besterik ez da.

Azkenik, hidroxidoak ere baseak direla frogatu daiteke Brönsted-Lowryren teoriaren arabera. Hidroxidoek protoia (H^+) hartu ezin duten arren, hidroxilo ioia (OH^-) ematen dute, eta ioi hori protoia jasotzeko gai da, H_2O -a eratuz. Hala ere, erreakzioak errazte aldera, gehienetan Arrheniusen erreakzioa idazten da hidroxidoen kasuan. Hain zuzen ere, sodio hidroxidoaren kasuan, adibidez, $NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$ idatziko dugu.

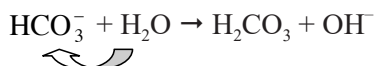
Substantzia anfoteroak

Hainbat espezie kimiko gai dira protoia jasotzeko edo emateko: anfoteroak. Substantzia anfoteroa da, adibidez, HCO_3^- -a (bikarbonato ioia); izan ere, azido gisa zein base gisa joka dezake:

Bikarbonatoa azido gisa:



Bikarbonatoa base gisa:

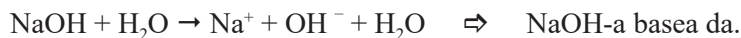


5.2. adibidea

Idatzi espezie kimiko hauen disoziazio-erreakzioa, Brönsted-Lowryren teoriaren arabera, eta esan azidoak edo baseak diren: CH_3COOH , $NaOH$, $Mg(OH)_2$, H_2CO_3 , H_3O^+ eta HBr .

EBAZPENA

Brönsted-Lowryren teoriaren arabera, substantzia horiek ur molekula batekin (normalean ura baita disolbatzailea) duten protoi-transferentzia erreakzioa idatzi behar da, eta H^+ ematen edo jasotzen duten aztertu: lehenak, azidoak dira eta bigarrenak, aldiz, baseak. Hidroxidoen kasuan, gogoratu hidroxilo ioiak (OH^-) gai direla protoi bat (H^+) jasotzeko, ura eratuz.



Gogoan izan Brönsted-Lowryren teoriaren arabera, azidoa egoteko beharrezkoa dela basea egotea (azido-base erreakzioak protoi-transferentziak baitira). Esate baterako, lehen erreakzioan ur molekula basea da, eta bigarrenean, aldiz, azidoa.

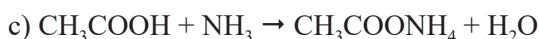
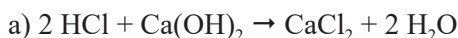
5.3. adibidea

Osatu eta doitu neutralizazio-erreakzio hauek:



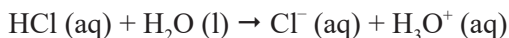
EBAZPENA

Neutralizazio-erreakzio horietan, gatza eta ura osatuko dira. Hain zuzen ere:



5.2. AZIDOEN ETA BASEEN INDARRA: IONIZAZIO-KONSTANTEA

Azidoek eta baseek protoiak emateko eta jasotzeko joera desberdinak dituzte. Esate baterako, azido klorhidrikoak protoia emateko joera handia du, hau da, elektrolito sendoa da. Hortaz, Brönsted-Lowryren teoriaren arabera, HCl 0,1 M den ur-disoluzioan honakoa gertatzen dela onartuko dugu:



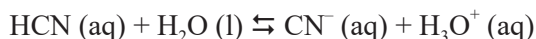
Ohar zaitetz konposatu bakoitzaren egoera jarri dela parentesiaren artean, eta gezi horren bidez erreakzioa itzulezina dela adierazi dela. Beraz, disoziazioaren ondoren hauek izango dira konposatuen kontzentrazioak (gogoratu, solidoen eta likido puruen kontzentrazioak ez direla kontuan hartzen):

	HCl	H ₂ O	→	Cl ⁻	H ₃ O ⁺
Hasiera (mol/L)	0,1	—		0	0
Erreak. (mol/L)	-0,1	—		+0,1	+0,1
Amaiera (mol/L)	0	—		0,1	0,1

Amaieran, $[Cl^-] = [H_3O^+] = 0,1 \text{ M}$ izango da, eta azido klorhidrikoa guztiz disoziatu denez, disoziazio-maila, $\alpha = 1$ izango da (3.3. atalean daude disoziazio-mailari buruzko azalpenak). Ikasmaterial honen helburuetarako hori horrela dela onartuko dugu, errealitateak ñabardura gehiago baditu ere ($\alpha \cong 1$ da, disoziatu gabeko HCl ere badagoelako). Joera hori duten azidoei azido sendo deritze.

5.2.1. Azidotasun-konstantea

Hala ere, beti ez da hori gertatzen, azido batzuek protoia emateko joera txikiagoa dutelako, alegia, azido ahulak dira. Azter dezagun azido zianhidrikoaren (HCN) disoziazioa:



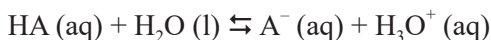
Erreakzioa itzulgarria da, eta amaieran hiru konposatuak (ura, disolbatzailea izanik, ez da kontuan hartzen) egongo dira, alegia, oreka-erreakzioa da. Erreakzioa itzulgarria denez, oreka-konstantea defini daiteke, oreka-erreakzio guztietan egiten den gisara:

$$K_c = \frac{[CN^-] \cdot [H_3O^+]}{[HCN] \cdot [H_2O]}$$

Ura disolbatzailea denez, praktikan haren kontzentrazioa konstantea dela onar daiteke eta, hortaz, oreka-konstantearekin biderka daiteke. Biderkadura horri K_a deritzo: azidotasun-konstantea.

$$K_c = \frac{[CN^-] \cdot [H_3O^+]}{[HCN] \cdot [H_2O]} \Rightarrow K_c \cdot [H_2O] = \frac{[CN^-] \cdot [H_3O^+]}{[HCN]} \Rightarrow K_a = \frac{[CN^-] \cdot [H_3O^+]}{[HCN]}$$

Oro har, HA azidoaren azidotasun-konstantea honako hau da:



$$K_a = \frac{[A^-] \cdot [H_3O^+]}{[HA]}$$

Azidotasun-konstanteak azidoaren ahultasuna (edo sendotasuna) adierazteko modu analitiko da. Konstantea zenbat eta handiago izan, azidoak bere protoia emateko duen joera handiagoa izango da. Hortaz, esan daiteke azido sendoak azidotasun-konstante oso handia duten azidoak direla.

5.4. adibidea

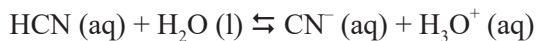
Azido zianhidrikoaren (HCN) azidotasun-konstantea, K_a , $6 \cdot 10^{-10}$ da. Kalkulatu 0,1 M kontzentrazioa duen HCN ur-disoluzio baten:

- H_3O^+ ioien kontzentrazioa.
- HCN-aren disoziazio-maila.

EBAZPENA

a)

HCN-aren Brönsted-Lowry azido-base erreakzioa honako hau da, aurrez ikusi den bezala:



Beraz, dagokion taula bete behar da, hasierako kontzentrazioa 0,1 M dela jakinda.

	HCN	H_2O	$\rightleftharpoons$	CN^-	H_3O^+
Hasiera (mol/L)	0,1	—		0	0
Erreak. (mol/L)	$-x$	—		$+x$	$+x$
Oreka (mol/L)	$0,1 - x$	—		x	x

Oreka-egoerako kontzentrazioek azidotasun-konstantea bete behar dute, hortaz:

$$K_a = \frac{[\text{CN}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCN}]} = \frac{x \cdot x}{(0,1 - x)} = 6 \cdot 10^{-10} \rightarrow x^2 = 6 \cdot 10^{-10} \cdot (0,1 - x)$$

Bigarren mailako ekuazioa askatuta bi emaitza lortzen dira, baina bakarrik du esanahi fisikoa.

$$x^2 = 6 \cdot 10^{-11} - 6 \cdot 10^{-10}x \rightarrow x^2 + 6 \cdot 10^{-10}x - 6 \cdot 10^{-11} = 0 \rightarrow x = 7,75 \cdot 10^{-6}$$

Hortaz,

$$[\text{HCN}] = 0,1 - x = 0,1 - 7,75 \cdot 10^{-6} = 0,099 \text{ M}$$

$$[\text{CN}^-] = x = 7,75 \cdot 10^{-6} \text{ M}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = x = 7,75 \cdot 10^{-6} \text{ M (hau bakarrik kalkulatzeko eskatzen da adibidean).}$$

b)

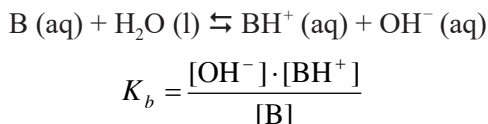
Ikus daitekeenez, HCN oso gutxi disoziatzen da: 0,1 M jarri dira eta azido-base erreakzioaren ondoren 0,099 M disoziatu gabe daude. Disoziazio-maila kalkulatz gero:

$$\alpha = \frac{\text{Disoziatu dena}}{\text{Hasierako kontz.}} = \frac{7,75 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L}}{0,1 \text{ mol/L}} \cdot 100 = \% 0,00775$$

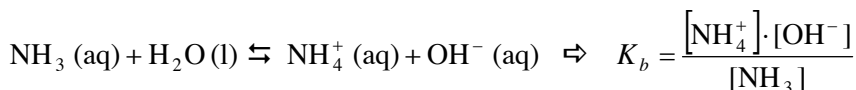
Gogoratu disoziazio-maila (0-1) eskalan ere adieraz daitekeela. Kasu horretan, $\alpha = 7,75 \cdot 10^{-5}$ izango da.

5.2.2. Basikotasun-konstantea

Azidoen kasurako egin den moduan, baseen kasurako basikotasun-konstantea, K_b , definitzen da. Oro har, B basearentzat:



Esate baterako, amoniakoren kasuan:



5.5. adibidea

Amoniakoaren (NH_3) basikotasun-konstantea, K_b , $1,8 \cdot 10^{-5}$ da. Kalkulatu 0,05 M kontzentrazioa duen NH_3 ur-disoluzio baten:

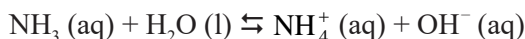
a) OH^- ioien kontzentrazioa.

b) NH_3 -aren disoziazio-maila.

EBAZPENA

a)

Amoniakoaren Brönsted-Lowry azido-base erreakzioa:



Jarraian, taula bete behar da:

	NH ₃	H ₂ O	⇌	NH ₄ ⁺	OH ⁻
Hasiera (mol/L)	0,05	—		0	0
Erreak. (mol/L)	-x	—		+x	+x
Oreka (mol/L)	0,05 - x	—		x	x

Oreka-egoerako kontzentrazioek azidotasun-konstantea bete behar dute, beraz:

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{x \cdot x}{(0,05 - x)} = 1,8 \cdot 10^{-5} \rightarrow x^2 = 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot (0,05 - x)$$

Bigarren mailako ekuazioa askatuta bi emaitza lortzen dira, baina bakarrik du esanahi fisikoa.

$$x^2 = 9 \cdot 10^{-7} - 1,8 \cdot 10^{-5}x \rightarrow x^2 + 1,8 \cdot 10^{-5}x - 9 \cdot 10^{-7} = 0 \rightarrow x = 9,40 \cdot 10^{-4}$$

Hortaz,

$$[\text{NH}_3] = 0,05 - x = 0,05 - 9,40 \cdot 10^{-4} = 0,049 \text{ M}$$

$$[\text{NH}_4^+] = x = 9,40 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$[\text{OH}^-] = x = 9,40 \cdot 10^{-4} \text{ M (hau bakarrik kalkulatzea eskatzen da adibidean).}$$

b)

Disoziazio-maila honela kalkulatzen da:

$$\alpha = \frac{\text{Disoziatu dena}}{\text{Hasierako kontz.}} = \frac{9,40 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}}{0,05 \text{ mol/L}} \cdot 100 = \% 1,88$$

5.2.3. Azidoen eta baseen sendotasuna

Oro har, azidotasun- eta basikotasun-konstanteek azido-base erreakzioaren lerrakuntzaren joera adierazten dute. Azido bat sendoa da protoiak emateko joera handia duenean eta ahula da joera txikia(goa) duenean. Aldiz, base bat sendoa da protoiak hartzeko joera handia duenean eta ahula da joera txikia(goa) duenean. Kontuan izan behar da, gainera, joera hori erlatiboa dela, alegia, zer substantziarekin erreakzionatzen duen. Normalean (eta kontrakorik adierazten ez bada), ura izango da erreferentziako substantzia, eta, beraz, urarekin idazten dira Brönsted-Lowryren azido-base erreakzioak.

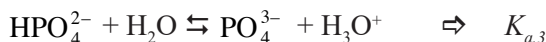
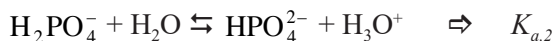
Azido sendoak, hortaz, ur-disoluzio diluituetan guztiz disoziatzen diren azidoak dira. Azido sendoak dira, esaterako, HCl, HBr, HI, HNO₃, H₂SO₄, HClO₃ eta

HClO₄-a. Azido ahulak, berriz, ur-disoluzioan partzialki disoziatzen diren azidoak dira, hau da, protoiak askatzeko joera txikiagoa dutenak. Azido ahula da, adibidez, azido azetikoa (CH₃COOH).

Base sendoak azidoetatik protoiak jasotzeko joera handia duten substantziak dira. Hidroxidoak base sendoak dira (ez denak), adibidez, NaOH, KOH, LiOH, Ca(OH)₂, Ba(OH)₂ eta Sr(OH)₂-a. Azido ahulak, aldiz, protoiak jasotzeko joera partziala dute. Base ahulen ohiko adibidea amoniakoa (NH₃) da.

5.2.4. Sakontzen: azido eta base poliprotikoak

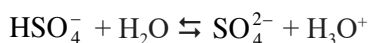
Azido poliprotikoak protoi bat baino gehiago eman dezaketen substantziak dira, esate baterako, H₂SO₄, H₂SO₃, H₃PO₄, H₂CO₃ eta H₂S-a. Azido poliprotikoen ionizazioa elkarren ondoko Brönsted-Lowryren erreakzioen bidez gertatzen da, eta erreakzio bakoitzean protoi baten transferentzia gertatuko da. Erreakzio horietako bakoitzak bere azidotasun-konstantea du. Adibidez,



Azidotasun-konstanteak desberdinak dira, eta azido ez-organikoen kasuan, konstantearen balioa gutxituz doa, alegia, geroz eta zailagoa da protoia transferitzea. Azido sulfurikoaren kasuan, esaterako, lehen protoiaren transferentzia osoa da,



baina, bigarren protoiaren transferentzia, aldiz, partziala da (erreakzio itzulgarria):

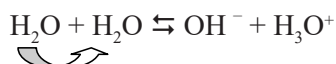


Hala ere, ariketa jakin batean kontrakorik esaten ez bada, azido sulfurikoa azido sendotzat hartuko dugu, molekula bakoitzak bi protoi osoki ematen dituela joz.

Base poliprotikoen kasuan, horiek protoi bat baino gehiago jaso dezaketen baseak dira, adibidez, SO₄²⁻, PO₄³⁻ eta CO₃²⁻.

5.3. URAREN AUTOIONIZAZIOA

Ur puruak eroankortasun elektriko arina du, autoionizazio-prozesu deritzon protoi transferentziaren ondorioz. Hain zuzen ere, ur molekula batek beste ur molekula baten protoia har dezake azido-base erreakzio honen bidez:



Erreakzio hori itzulgarria denez, oreka-konstantea defini daiteke. Azidotasun-eta basikotasun-konstanteen kasuan egin den moduan, ura disolbatzailea denez, haren kontzentrazioa konstantetzat har daiteke eta oreka-konstantearekin biderkatu.

$$K_c = \frac{[\text{OH}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_2\text{O}] \cdot [\text{H}_2\text{O}]} \Leftrightarrow K_c \cdot [\text{H}_2\text{O}] \cdot [\text{H}_2\text{O}] = [\text{OH}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+] \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow K_w = [\text{OH}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]$$

Oreka-konstante horri K_w deritzo, uraren biderkadura ionikoa da. Edozein oreka-konstante bezala, tenperaturaren mendekoa da, eta 25 °C-an $K_w = 10^{-14}$ da haren balioa.

Autoionizazio-erreakzioa eta oreka-konstantea aztertuta, honako hau baieztatu daiteke: ur puruan, $[\text{OH}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+]$ da. Gainera, 25 °C-an,

$$[\text{OH}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-7} \text{ mol/L}$$

betetzen da. Baldintza hori betetzen duten ur-disoluzioak neutroak dira.

Berdintza hori betetzen ez denean, ioietako baten kontzentrazioa besteara baino handiagoa izango da, baina kasu guztietan $[\text{OH}^-] \times [\text{H}_3\text{O}^+]$ biderkadura konstantea da (eta K_w -ren berdina). Hain zuzen ere, disoluzio azidoetan $[\text{H}_3\text{O}^+] > [\text{OH}^-]$ izango da, eta disoluzio basikoetan, aldiz, $[\text{H}_3\text{O}^+] < [\text{OH}^-]$.

5.6. adibidea

25 °C-an dagoen HCl ur-disoluzio batek hidronio ioien (H_3O^+) 0,02 mol/L kontzentrazioa du. Kalkulatu ur-disoluzio horren hidroxilo ioien kontzentrazioa.

EBAZPENA

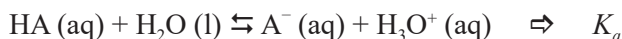
$[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,02 \text{ mol/L}$ da, eta $K_w = 10^{-14}$. Beraz:

$$K_w = [\text{OH}^-] \times [\text{H}_3\text{O}^+] \rightarrow 10^{-14} = [\text{OH}^-] \times 0,02 \rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-14}/0,02 = 5 \cdot 10^{-13} \text{ mol/L}$$

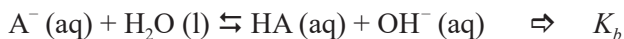
Ikus daitekeen bezala, ur-disoluzio hori azidoa da: $[\text{H}_3\text{O}^+] > [\text{OH}^-]$ betetzen da.

5.3.1. K_a , K_b eta K_w

Azido baten azidotasun-konstantea ezagututa, haren base konjokatuaren basikotasun-konstantea lor daiteke. Azter dezagun HA azido monoprotikoaren kasua:



Haren base konjokatuaren (A^-) erreakzioa, aldiz, honako hau da:



Bi erreakzio horien konstanteak hauek dira:

$$K_a = \frac{[A^-] \cdot [H_3O^+]}{[HA]}$$

$$K_b = \frac{[HA] \cdot [OH^-]}{[A^-]}$$

Konstanteen arteko biderkadura eginez gero, $K_a \cdot K_b = K_w$ dela frogatu daiteke:

$$K_a \cdot K_b = \frac{[A^-] \cdot [H_3O^+]}{[HA]} \cdot \frac{[HA] \cdot [OH^-]}{[A^-]} = [H_3O^+] \cdot [OH^-] = K_w$$

Adierazpen hori oso erabilgarria da azido baten azidotasun-konstantea ezaguna denean, haren base konjokatuaren basikotasun-konstantea lortzeko.

5.7. adibidea

Amoniakoren (NH_3) basikotasun-konstantea, K_b , $1,80 \cdot 10^{-5}$ da $25^\circ C$ -an. Kalkulatu amonio ioiaren (NH_4^+) azidotasun-konstantea.

EBAZPENA

Amonioa amoniakoaren azido konjokatua da. Hortaz, $K_a \cdot K_b = K_w$ bete behar da:

$$K_a \cdot K_b = K_w \rightarrow K_a \cdot 1,80 \cdot 10^{-5} = 10^{-14} \rightarrow K_a = 5,56 \cdot 10^{-10}$$

5.4. UR-DISOLUZIOEN pH-A

Disoluzioen azidotasuna edo basikotasuna neurtzeko pH-a erabiltzen da. pH-ak hidronio ioien kontzentrazioa adierazten du, baina erabilgarriagoa den eskala batean:

$$pH = -\log [H_3O^+]$$

Era berean, pOH-a defini daiteke:

$$pOH = -\log [OH^-]$$

Bestalde, uraren biderkadura ionikoa dela-eta, ekuazio hau bete behar da:

$$pH + pOH = 14$$

eta, ondorioz, 25 °C-an:

pH = 7 bada, disoluzioa neutroa da,

pH > 7 bada, disoluzioa basikoa da, eta

pH < 7 bada, disoluzioa azidoa da.

Zenbait kasutan, pH-a ezagututa H_3O^+ ioien kontzentrazioa lortu beharko da, edo pOH-a ezagututa OH^- ioiena. Horretarako adierazpen hauek erabili behar dira, pH-aren eta pOH-aren definizioetatik datozenak:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \quad \text{eta} \quad [\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}$$

5.8. adibidea

Kalkulatu disoluzio hauen pH-a:

a) $[\text{HCl}] = 0,05 \text{ M}$

b) $[\text{NaOH}] = 0,05 \text{ M}$

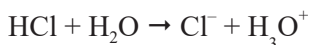
c) $[\text{Ca}(\text{OH})_2] = 0,05 \text{ M}$

d) $[\text{H}_2\text{SO}_4] = 0,05 \text{ M}$

EBAZPENA

a)

HCl-a azido sendoa da, alegia, guztiz disoziatuta dago:



Beraz, taula hau bete daiteke (ez da beharrezkoa):

	HCl	H_2O	$\rightarrow$	Cl^-	H_3O^+
Hasiera (mol/L)	0,05	—		0	0
Erreak. (mol/L)	-0,05	—		+0,05	+0,05
Amaiera (mol/L)	0	—		0,05	0,05

Amaieran, $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,05 \text{ M}$ da eta $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 0,05 = 1,30$

b)

NaOH-a base sendoa denez, guztiz disoziatuta dago. Ohar zaitez hidroxidoen kasuan Arrheniusen erreakzioa idatzi ohi dela:



Disoziazioaren ondoren, $[\text{OH}^-] = 0,05 \text{ M}$ da (estekiometria 1:1). Kasu honetan ezin da pH-a zuzenean kalkulatu. Lehendabizi pOH-a lortu behar da:

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log 0,05 = 1,30$$

eta $\text{pH} + \text{pOH} = 14$ denez:

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 1,30 = 12,7$$

c)

Kaltzio hidroxidoaren kasuan, molekula bakoitzaren disoziaziotik 2 hidroxilo askatzen dira:



Taulan adierazita:

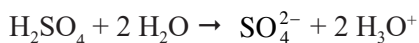
	Ca(OH)_2	$\rightarrow$	Ca^{2+}	2OH^-
Hasiera (mol/L)	0,05		0	0
Erreak. (mol/L)	-0,05		+0,05	+0,1
Amaiera (mol/L)	0		0,05	0,1

Amaieran, $[\text{OH}^-] = 0,1 \text{ M}$ izanik:

$$\text{pOH} = -\log 0,1 = 1 \rightarrow \text{pH} = 14 - \text{pOH} = 13$$

d)

Azido sulfurikoaren kasuan, antzekoa gertatzen da: bi protoi askatzen dira molekula bakoitzeko:



Hortaz, amaieran, $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,1 \text{ M}$ da eta $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 0,1 = 1$

Oharra: azken bi kasu horietan base eta azido poliprotikoak aztertu dira. Bigarren protoiaren transferentzia ere osoa dela suposatu da, baina errealitatean bigarren protoiaren transferentzia itzulgarria da (oreka da), lehenago aipatu den bezala.

5.9. adibidea

Azido zianhidrikoaren (HCN) azidotasun-konstantea, K_a , $6 \cdot 10^{-10}$ da. Kalkulatu 0,1 M kontzentrazioa duen HCN ur-disoluzio baten pH-a.

EBAZPENA

Adibide honetan 5.4. adibidearen antzeko galdera egiten da, beraz, prozedura berari jarraitu behar zaio. Behin hidronio ioien kontzentrazioa kalkulatuta, pH-a erraz kalkulatzeko da.

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = x = 7,75 \cdot 10^{-6} \text{ M} \rightarrow \text{pH} = -\log 7,75 \cdot 10^{-6} = 5,11$$

5.10. adibidea

Amoniakoaren (NH_3) basikotasun-konstantea, K_b , $1,8 \cdot 10^{-5}$ da. Kalkulatu 0,05 M kontzentrazioa duen NH_3 ur-disoluzio baten pH-a.

EBAZPENA

Adibide hau 5.5. adibidearen parekoa da.

$$[\text{OH}^-] = x = 9,40 \cdot 10^{-4} \text{ M da, hortaz, } \text{pOH} = -\log (9,40 \cdot 10^{-4}) = 3,03$$

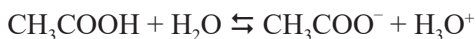
$$\text{pOH-a kalkulatu ondoren, } \text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 3,03 = 10,97$$

5.11. adibidea

Azido azetikoaren (CH_3COOH) azidotasun-konstantea kalkulatu, 0,1 M den ur-disoluzioaren pH-a 2,87 dela jakinda.

EBAZPENA

Azido azetikoaren ionizazio-oreka honako hau da:



Hasierako kontzentrazioa 0,1 M denez, taula honela bete behar da:

	CH_3COOH	H_2O	$\rightleftharpoons$	CH_3COO^-	H_3O^+
Hasiera (mol/L)	0,1	—		0	0
Erreak. (mol/L)	$-x$	—		$+x$	$+x$
Oreka (mol/L)	$0,1 - x$	—		x	x

pH-a ezagututa, hidronio ioien kontzentrazioa lor daiteke, izan ere:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2,9} = 1,35 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

Hortaz, $x = 1,26 \cdot 10^{-3}$ da, eta taula kontuan hartuta, hauek dira amaierako kontzentrazioak:

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0,1 - x = 0,1 - 1,35 \cdot 10^{-3} = 0,099 \text{ mol/L}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{CH}_3\text{COO}^-] = 1,35 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

Datu horiekin, azidotasun-konstantea kalkula daiteke:

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{1,35 \cdot 10^{-3} \cdot 1,35 \cdot 10^{-3}}{0,099} = 1,841 \cdot 10^{-5}$$

5.12. adibidea

0,05 M den azido bentzoiko ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$) ur-disoluzio batean azidoaren % 3,5 disoziatuta dagoela egiaztatu da.

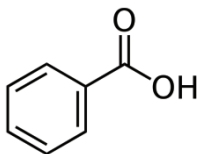
a) Kalkulatu azido bentzoikoaren azidotasun-konstantea.

b) Beste disoluzio batean, azido bentzoikoaren kontzentrazioa 0,5 M da. Kalkulatu disoluzio horren pH-a eta azidoaren disoziazio-maila.

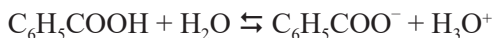
EBAZPENA

a)

Azido bentzoikoaren ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$) egitura hau da:



Ikus daitekeen bezala, protoi azido bat du talde karboxilikoan ($\text{R}-\text{COOH}$), azido azetikoaren antzera. Ionizazio-orekari dagokion erreakzioa ere antzekoa da:



Hasierako kontzentrazioa 0,05 mol/L da, eta disoziazioa, aldiz, % 3,5. Horrek esan nahi du jarritakoaren % 3,5 ionizatu dela, alegia, $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$ moduan dagoela.

$$0,05 \text{ mol/L} \times 3,5/100 = 1,75 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

Beraz, disoziatu den kantitatea ezagutu ondoren, taula bete daiteke:

	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$	H_2O	$\rightleftharpoons$	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$	H_3O^+
Hasiera (mol/L)	0,05	—		0	0
Erreak. (mol/L)	$-1,75 \cdot 10^{-3}$	—		$+1,75 \cdot 10^{-3}$	$+1,75 \cdot 10^{-3}$
Oreka (mol/L)	$0,05 - 1,75 \cdot 10^{-3}$	—		$1,75 \cdot 10^{-3}$	$1,75 \cdot 10^{-3}$

Beraz, amaierako kontzentrazioak:

$$[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}] = 0,04825 \text{ mol/L}$$

$$[\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 1,75 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

Datu horiekin, azido bentzoikoaren azidotasun-konstantea kalkula daiteke:

$$K_a = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]} = \frac{1,75 \cdot 10^{-3} \cdot 1,75 \cdot 10^{-3}}{0,04825} = 6,347 \cdot 10^{-5}$$

b)

Atal honetan beste disoluzio baten pH-a kalkulatzeko eskatzen da. Aurreko atalean lortu dugu azidotasun-konstantea, eta atal hori erantzuteko erabili beharko da. Gogoratu azidotasun- eta basikotasun-konstanteak ez direla kontzentrazioaren menpekoak.

	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$	H_2O	$\rightleftharpoons$	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$	H_3O^+
Hasiera (mol/L)	0,5	—		0	0
Erreak. (mol/L)	$-x$	—		$+x$	$+x$
Oreka (mol/L)	$0,5 - x$	—		x	x

Orekako kontzentrazioek azidotasun-konstantea bete behar dute, hortaz:

$$K_a = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]} = \frac{x \cdot x}{0,5 - x} = 6,347 \cdot 10^{-5}$$

$$x^2 = 6,347 \cdot 10^{-5} (0,5 - x) = 3,174 \cdot 10^{-5} - 6,347 \cdot 10^{-5} x \rightarrow$$

$$\rightarrow x^2 + 6,347 \cdot 10^{-5} x - 3,174 \cdot 10^{-5} = 0$$

Bigarren mailako ekuazio hori askatuta, bi soluzio lortzen dira, baina, bakarrik du esanahi fisikoa. $x = 5,602 \cdot 10^{-3}$ da. Hortaz, oreka-egoerako kontzentrazioak hauek dira:

$$[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}] = 0,494 \text{ mol/L}$$

$$[\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 5,602 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

Datu horietatik abiatuz, pH-a eta disoziazio-maila kalkula daitezke:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 5,602 \cdot 10^{-3} = 2,25$$

$$\alpha = \frac{\text{Disoziatu dena}}{\text{Hasierako kontz.}} = \frac{5,602 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}}{0,5 \text{ mol/L}} \cdot 100 = \% 1,12$$

5.4.1. Hurbilketak

Zenbaitetan, ariketak errazago askatzeko hurbilketa bat egin daiteke: zenbaki bati oso txikia den beste bat gehitzea edo kentzea arbuia garritzat jotzea. Esate baterako, $10 - 5 \cdot 10^{-7} \approx 10$ dela esatea egokitzen har daiteke; izan ere, 10 balioa $5 \cdot 10^{-7}$ baino 20.000.000 aldiz handiagoa da. Ez dago irizpide finkorik hurbilketa onargarria dela bermatzeko, baina egokitzen hartuko dugu baldin lehenengo zenbakia bigarrena baino gutxienez 20 aldiz handiagoa bada. Horrela, egindako errorea % 5 baino txikiagoa izango da.

Esaterako, 5.12. adibidearen b atalean bigarren mailako ekuazio bat askatu behar izan dugu x lortzeko. Azter dezagun hurbilketak nola errazten duen kalkulua.

$$K_a = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]} = \frac{x^2}{0,5 - x} \approx \frac{x^2}{0,5} = 6,347 \cdot 10^{-5}$$

Hurbilketa eginda, $0,5 - x \approx 0,5$ dela suposatu dugu, x arbuia garria delako. Jarraian x kalkulatu behar da:

$$x^2 = 6,347 \cdot 10^{-5} \times 0,5 = 3,174 \cdot 10^{-5} \rightarrow x = 5,633 \cdot 10^{-3}$$

Hurbilketaren egokitasuna konprobatu behar da orain: $0,5 / 5,633 \cdot 10^{-3} = 89$. Hortaz, hurbilketa egokia dela onartuko dugu, arbuia tutako zenbakia ($5,633 \cdot 10^{-3}$) 89 aldiz txikiagoa delako. Ondorio bera lortzen da errorea kalkulatu bada:

$$5,633 \cdot 10^{-3} / 0,5 \times 100 = \% 1,1$$

izan ere, % 5 baino txikiagoa da.

Beraz, 5.12. adibidearen b atalean, oreka-egoerako kontzentrazioak hauek lirateke:

$$[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}] = 0,5 - x = 0,5 - 5,633 \cdot 10^{-3} = 0,494 \text{ mol/L}$$

$$[\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 5,633 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

Datu horietatik abiatuz, pH-a eta disoziazio-maila kalkula daitezke:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 5,633 \cdot 10^{-3} = 2,25$$

$$\alpha = \frac{\text{Disoziatu dena}}{\text{Hasierako kontz.}} = \frac{5,633 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}}{0,5 \text{ mol/L}} \cdot 100 = \% 1,13$$

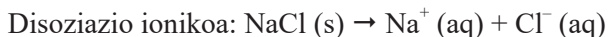
Ikus daitekeen bezala, hurbilketa egitean kalkuluak asko sinplifikatu dira eta lortutako emaitzak ia berdinak dira. Edonola ere, garrantzitsua da hurbilketa egin ondoren hurbilketaren egokitasuna konprobatzea.

5.5. GATZEN HIDROLISIA

Zenbait gatz uretan disolbatzen direnean, pH aldaketak gerta daitezke. Horren arrazoia hidrolisi-erreakzioak dira, alegia, gatzaren disoziazioaren ondoren, ioiek urarekin ematen dituzten Brönsted-Lowryren erreakzioak. Gatzak lau taldetan sailkatzen dira, azter ditzagun, bada.

5.5.1. Base sendo batetik eta azido sendo batetik datozen gatzak

Aztartzeko kasurik errazena da, hidrolisi-erreakziorik ez delako gertatzen eta, hortaz, uraren pH-a ez da aldatuko. Demagun NaCl-aren kasua. Lehendabizi, gatzaren disoziazio ionikoa idatzi behar da:



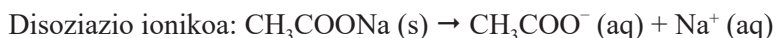
Gatzaren disoziazio-erreakzioa itzulezina dela joko dugu beti, hau da, gatzak guztiz ionizatu dela. Ondoren, gatzak osatzen duten ioien jatorrizko azidoa eta basea zeintzuk diren aztertu behar da. Na^+ katioia NaOH-aren azido konjokatua da, hortaz, base sendo batetik datorrela esango dugu. Cl^- anioia HCl-aren base konjokatua da, beraz, azido sendo batetik dator.



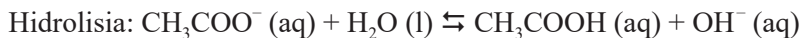
Biak azido eta base sendoen konjokatuak direnez, ez dira gai urarekin erreakzionatzeko eta, ondorioz, H_2O -aren oreka ez da aldatzen. Beraz, disoluzioaren pH-a neutroa da ($\text{pH} = 7$).

5.5.2. Base sendo batetik eta azido ahul batetik datozen gatzak

Horren adibide dira, esaterako, azetato gatzak. Azetatoa (CH_3COO^-) azido ahul baten base konjokatua denez, urari protoi bat kentzeko gai da. Azter dezagun sodio azetatoaren kasua:



Esan den bezala, azetatoa azido ahul baten konjokatua da (azido azetikoarena), hortaz, hidrolisi-erreakzio hau gerta daiteke:



Ohar zaitetz Na^+ katioiak ez duela hidrolisi-erreakziorik ematen NaOH base sendoaren azido konjokatua delako. Aurreko erreakzioan ikus daitekeen bezala, azetatoa gai da urari protoi bat kentzeko, eta disoluzioan OH^- ioiak agertuko dira. Ondorioz, disoluzioaren pH-a basikoa izango da ($\text{pH} > 7$).

Disoluzioaren pH-a kalkulatzeko, azetato ioiaren hidrolisi-konstantea, K_h , lortu behar da. Hidrolisi-erreakzioa kontuan hartuta:

$$K_h = \frac{[\text{OH}^-] \cdot [\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

K_h eta K_a erlazionatuta daude, izan ere:

$$K_h \cdot K_a = \frac{[\text{OH}^-] \cdot [\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} \cdot \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = K_w$$

Hortaz, $K_h \cdot K_a = K_w$ da.

5.13. adibidea

Sodio bentzoatoa ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}$) elikagaietan erabiltzen da kontserbagarri moduan.

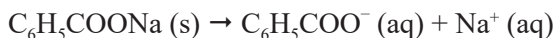
a) Aurresan, kualitatiboki, sodio bentzoato ur-disoluzio baten pH-a azidoa, basikoa edo neutroa izango den.

b) Azido bentzoikoaren ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$) azidotasun-konstantea $K_a = 6,3 \cdot 10^{-5}$ dela jakinda, kalkulatu 0,015 M sodio bentzoato disoluzio baten pH-a.

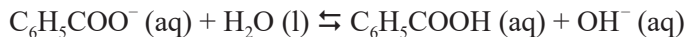
EBAZPENA

a)

Erantzun kualitatiboa emateko, lehendabizi sodio bentzoatoaren disoziazio-ionikoa idatzi behar da:



Sodio katioia NaOH base sendotik dator, hortaz, ez du hidrolisi-erreakziorik emango. Bentzoatoa, aldiz, azido ahul batetik dator (azido bentzoikoa). Beraz, hidrolisi-erreakzio hau gertatuko da:



Hidrolisiaren ondorioz hidroxilo ioiak askatzen direnez, disoluzioaren pH-a basikoa izango da, hau da, 7 baino handiagoa.

b)

Erantzun kuantitatiboa emateko, kalkuluak egitea beharrezkoa da. Gatzaren disoziazio-erreakzioa itzulezina denez:

$[\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}] = 0,015 \text{ M}$ bada, $[\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-] = [\text{Na}^+] = 0,015 \text{ M}$ izango dira (1:1 estekiometria). Jarraian, hidrolisi-erreakzioari dagokion taula bete behar da:

	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$	H_2O	$\rightleftharpoons$	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$	OH^-
Hasiera (mol/L)	0,015	—		0	0
Erreak. (mol/L)	$-x$	—		$+x$	$+x$
Oreka (mol/L)	$0,015 - x$	—		x	x

Orekako kontzentrazioek hidrolisi-konstantea bete behar dute. Gogoan izan $K_h \cdot K_a = K_w$ dela eta $K_a = 6,3 \cdot 10^{-5}$ dela. Hortaz:

$$K_h \cdot 6,3 \cdot 10^{-5} = 10^{-14} \rightarrow K_h = 10^{-14} / 6,3 \cdot 10^{-5} = 1,587 \cdot 10^{-10}$$

Orekako kontzentrazioek hidrolisi-konstantea bete behar dute, hortaz:

$$K_h = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-]} = \frac{x \cdot x}{0,015 - x} \approx \frac{x^2}{0,015} = 1,587 \cdot 10^{-10}$$

Ohar zaitez hurbilketa egin dela, hau da, $0,015 - x \approx 0,015$ dela.

$$x^2 = 1,587 \cdot 10^{-10} \times 0,015 = 2,380 \cdot 10^{-12} \rightarrow x = 1,543 \cdot 10^{-6}$$

Hurbilketaren egokitasuna konprobatu behar da: $0,015 / 1,543 \cdot 10^{-6} = 9.720$ aldiz handiagoa da, hortaz, hurbilketa egokia da.

Ondorioz, oreka-egoerako kontzentrazioak hauek dira:

$[\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-] = 0,015 - x = 0,01499 \text{ mol/L}$ (gogoratu disoziatzen dena arbuigarria dela)

$[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}] = [\text{OH}^-] = 1,543 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L}$

Datu horietatik abiatuz, pOH-a kalkula daiteke, eta ondoren pH-a:

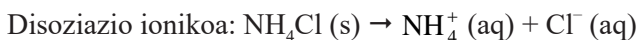
$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log 1,543 \cdot 10^{-6} = 5,81$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 5,81 = 8,19$$

pH basikoa lortzen da, erantzun kualitatiboan aurrean den bezala.

5.5.3. Azido sendo batetik eta base ahul batetik datozen gatzak

Horren adibide dira, esate baterako, amonio gatzak. Azter dezagun amonio kloruroaren kasua:



Amonioa base ahul baten konjokatua da (amoniakoarena), hortaz, hidrolisi-erreakzio hau gertatzen da:



Cl^- anioiak ez du hidrolisi-erreakziorik ematen, HCl azido sendotik datorrelako. Amonioa, aldiz, gai da H_2O -ari protoi bat kentzeko. Disoluzioan H_3O^+ ioi gehiago agertu direnez, disoluzioaren pH-a azidoa izango da ($\text{pH} < 7$).

Disoluzioaren pH-a kalkulatzeko, amonio ioiaren hidrolisi-konstantea, K_h , lortu behar da. Hidrolisi-erreakzioa kontuan hartuta:

$$K_h = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]}$$

K_h eta K_b erlazionatuta daude, izan ere:

$$K_h \cdot K_b = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} \cdot \frac{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = K_w$$

Hortaz, $K_h \cdot K_b = K_w$ da.

5.5.4. Azido ahul batetik eta base ahul batetik datozen gatzak

Gatzaren bi ioiek izango dute hidrolisi-erreakzioa. Horren adibide dira, esate baterako, amonio azetatoa eta amonio zianuroa. Hidrolisi-erreakzio bakoitzak oreka-konstante bat izango du, eta nagusitzen den erreakzioaren arabera disoluzioaren pH-a azidoa edo basikoa izango da. Amonio azetatoaren kasuan, erreakzio hauek gertatuko dira:

Disoziazio ionikoa: $\text{CH}_3\text{COONH}_4 (\text{s}) \rightarrow \text{NH}_4^+ (\text{aq}) + \text{CH}_3\text{COOH}^- (\text{aq})$

Hidrolisia: $\text{NH}_4^+ (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightleftharpoons \text{NH}_3 (\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq}) \Rightarrow K_{h,l} = K_w/K_b$

Hidrolisia: $\text{CH}_3\text{COO}^- (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} (\text{aq}) + \text{OH}^- (\text{aq}) \Rightarrow K_{h,2} = K_w/K_a$

Oro har, horrelako gatzen kasuan hau beteko da:

$K_a = K_b$ bada, bi ioiak antzeko proportzioan hidrolizatzen dira $\Rightarrow \text{pH} = 7$ (disoluzio neutroa, edo ia neutroa)

$K_a < K_b$ bada, anioia gehiago hidrolizatzen da $\Rightarrow \text{pH} > 7$ (disoluzio basikoa)

$K_a > K_b$ bada, katioia gehiago hidrolizatzen da $\Rightarrow \text{pH} < 7$ (disoluzio azidoa)

Hortaz, aurrez aipatutako amonio azetatoaren kasuan, disoluzioaren pH-a neutroa izango da; izan ere, azido azetikoaren azidotasun-konstantea eta amoniakoaren basikotasun-konstantea berdinak dira 25°C -an ($1,8 \cdot 10^{-5}$, hain zuzen ere).

5.14. adibidea

Aurresan, kualitatiboki, gatz hauen ur-disoluzioak izango duen pH-a 7, 7 baino handiagoa edo 7 baino txikiagoa den:

- a) Amonio nitratoa.
- b) Potasio zianuroa.
- c) Kaltzio azetatoa.

EBAZPENA

a)

Amonio nitratoa: NH_4NO_3

Disoziazio ionikoa: $\text{NH}_4\text{NO}_3 (\text{s}) \rightarrow \text{NH}_4^+ (\text{aq}) + \text{NO}_3^- (\text{aq})$

NO_3^- : azido sendo baten (azido nitrikoaren) base konjokatua da, hortaz, hidrolisi-erreakzioarik ez du emango.

NH_4^+ : base ahul baten (amoniakoaren) azido konjokatua da, hortaz, hidrolisi-erreakzio hau emango du: $\text{NH}_4^+ (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightleftharpoons \text{NH}_3 (\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq})$.

Hidrolisiaren ondoren H_3O^+ ioi gehiago daudenez, disoluzioa azidoa da ($\text{pH} < 7$).

b)

Potasio zianuroa: KCN

Disoziazio ionikoa: $\text{KCN (s)} \rightarrow \text{K}^+ \text{(aq)} + \text{CN}^- \text{(aq)}$

K^+ : base sendo baten (potasio hidroxidoaren) azido konjokatua da, hortaz, hidrolisi-erreakziorik ez du emango.

CN^- : azido ahul baten (azido zianhidrikoaren) base konjokatua da, hortaz, hidrolisi-erreakzio hau emango du: $\text{CN}^- \text{(aq)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightleftharpoons \text{HCN (aq)} + \text{OH}^- \text{(aq)}$

Hidrolisiaren ondoren OH^- ioi gehiago daudenez, disoluzioa basikoa da ($\text{pH} > 7$).

c)

Kaltzio azetatoa: $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$

Disoziazio ionikoa: $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca (s)} \rightarrow \text{Ca}^{2+} \text{(aq)} + 2 \text{CH}_3\text{COO}^- \text{(aq)}$

Ca^{2+} : base sendo baten (kaltzio hidroxidoaren) azido konjokatua da, hortaz, hidrolisi-erreakziorik ez du emango.

CH_3COO^- : azido ahul baten (azido azetikoaren) base konjokatua da, hortaz, hidrolisi-erreakzio hau emango du: $\text{CH}_3\text{COO}^- \text{(aq)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH (aq)} + \text{OH}^- \text{(aq)}$

Hidrolisiaren ondoren OH^- ioi gehiago daudenez, disoluzioa basikoa da ($\text{pH} > 7$).

5.6. DISOLUZIO ERREGULATZAILEAK

Disoluzio erregulatzaileak (disoluzio indargetzaileak edo tanpoiak) pH-a (ia) konstante mantentzeko gai diren disoluzioak dira (azidoen edo baseen kantitate txikiak gehitu edo disoluzioa diluitu arren). Disoluzio erregulatzaileak azidoak edo basikoak izan daitezke, mantentzen duten pH-aren arabera. Disoluzio erregulatzaile azidoek bi osagai hauek dituzte: azido ahul bat eta azido ahul horretatik datorren gatz disolbagarri bat (esate baterako, azido azetikoa eta sodio azetatoa). Disoluzio erregulatzaile basikoak, aldiz, base ahul batez eta base ahul horretatik datorren gatz disolbagarri batez osatuta daude (adibidez, amoniakoa eta amonio kloruroa).

Disoluzio erregulatzaileen adibide dira, esaterako, azido bentzoikoa / sodio bentzoatoa, azido fosforikoa / sodio dihidrogenofosfatoa, eta aurrez aipatu diren azido azetikoa / sodio azetatoa eta amonio kloruroa / amoniakoa. Beste asko ere badaude, izan ere, disoluzio erregulatzaileak garrantzitsuak dira kasu askotan. Adibidez, sistema fisiologikoetan pH-a konstante mantentzea behar-beharrezkoa da

hainbat biomolekularen funtzionamendu egokirako (entzimen, adibidez). Disoluzio erregulatzaile bakoitzak pH jakin eta zehatz batean lan egiteko balio du. pH hori kalkulatzeko Henderson-Hasselbalch-en ekuazioa erabiltzen da.

$$\text{Disoluzio erregulatzaile azidoak : } \text{pH} = -\log \left(K_a \cdot \frac{M_{\text{azidoa}}}{M_{\text{gatzia}}} \right)$$

$$\text{Disoluzio erregulatzaile basikoak : } \text{pOH} = -\log \left(K_b \cdot \frac{M_{\text{basea}}}{M_{\text{gatzia}}} \right)$$

5.15. adibidea

Kalkulatu azido bentzoikotik 0,015 M den eta sodio bentzoatetik 0,015 M den disoluzio erregulatzaile baten pH-a, azido bentzoikoaren azidotasun-konstantea $6,5 \cdot 10^{-5}$ dela jakinda:

- Henderson-Hasselbalchen ekuazioa erabiliz.
- Henderson-Hasselbalchen ekuazioa erabili gabe.

EBAZPENA

a)

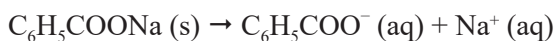
Disoluzio erregulatzaile azidoa da (azido bentzoikoaren presentziagatik), hortaz:

$$\text{pH} = -\log \left(K_a \cdot \frac{M_{\text{azidoa}}}{M_{\text{gatzia}}} \right) = -\log \left(6,5 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{0,015}{0,015} \right) = 4,19$$

b)

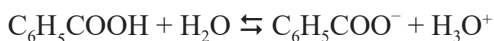
Henderson-Hasselbalchen ekuazioa erabili gabe pH-a kalkulatzeko interesgarria da ekuazioaren zergatia ulertzeko. Azter dezagun pausoz pauso:

Alde batetik, sodio bentzoatoa guztiz disoziatuta dago, hau da:



Disoziazio hori osoa denez, $[\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}] = [\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-] = [\text{Na}^+] = 0,015 \text{ M}$ da.

Bestetik, azido bentzoikoa azido ahula da eta erreakzio hau ematen du:



Bi datu horiekin, alegia $[C_6H_5COOH] = 0,015 \text{ M}$ (jarritako azidoa) eta $[C_6H_5COO^-] = 0,015 \text{ M}$ (sodio bentzoatoaren disoziaziotik datorrena) taula honela bete behar da:

	C_6H_5COOH	H_2O	$\rightleftharpoons$	$C_6H_5COO^-$	H_3O^+
Hasiera (mol/L)	0,015	—		0,015	0
Erreak. (mol/L)	$-x$	—		$+x$	$+x$
Oreka (mol/L)	$0,015 - x$	—		$0,015 + x$	x

Erreakzio hori azido bentzoikoari dagokiona da, hortaz, K_a azidotasun-konstantea erabili behar da.

$$K_a = \frac{[C_6H_5COO^-] \cdot [H_3O^+]}{[C_6H_5COOH]} \Rightarrow 6,5 \cdot 10^{-5} = \frac{(0,15 + x) \cdot x}{0,15 - x} \approx \frac{0,15 \cdot x}{0,015}$$

Hortaz, $x = 6,5 \cdot 10^{-5}$ da. Hurbilketa egokia dela frogatu daiteke, x -ren balioa 0,015 baino 230 aldiz handiagoa delako.

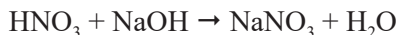
Beraz, orekan H_3O^+ ioien kontzentrazioa $6,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$ da, eta ondorioz,

$$\text{pH} = 4,19$$

Jakina, emaitza bera lortzen da kalkulua taularen bidez eginda eta Henderson-Haselbalchen formula erabiliz eginda (hurbilketa egokia den kasuetan beteko da hori). Kontuan izan disoluzioa erregulatzailea izateko bi osagaien kontzentrazioak antzekoa izan behar duela. Kontzentrazioak nabarmen desberdinak edo oso txikiak badira, taularen bidez egin beharko da kalkulua.

5.7. AZIDO-BASE NEUTRALIZAZIOAK

5.1. atalean ikusi ditugu jada neutralizazio-erreakzio batzuk, alegia, azido baten eta base baten artean gertatzen diren erreakzioak. Oro har, neutralizazio-erreakzioan protoia (H^+) base batekin (OH^-) konbinatzen da ura eratzeko. Esaterako:



Konposatu guztiak era ionikoan idatzita:



Erreakziotik ioi behatzaileak kentzen badira, $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$ erreakzioa gertatu dela ikus daiteke. Ohar zaitez neutralizazio-erreakzioak itzulezinak direla, alegia, erreaktibo bat guztiz amaitu arte gertatzen direla.

Neutralizazioei buruzko ariketak egitean, azido bat (ahula edo sendoa) base batekin (ahula edo sendoa) nahasten da eta, normalean, amaierako pH-a kalkulatzeko eskatuko da. Oro har, bi pauso bereizi behar dira ariketa egiteko: 1) neutralizazio-erreakzioaren erlazio estekiometrika erabili mugatzailea zein den erabakitzeko, eta 2) soberan geratu den errektiboak (baldin badago) edota amaieran eratu den gatzak pH-a aldatuko duten aztertu eta, horrela bada, pH-a kalkulatu. Kontuan izan bi errektiboak nahastearen ondorioz bolumen-aldaketa gerta daitekeela eta, hortaz, kontzentrazioak kalkulatu beharko direla.

5.16. adibidea

Kalkulatu disoluzio hauek nahastu ondoren amaierako pH-a:

a) NaOH 2 M (150 mL) eta HCl 1,5 M (200 mL)

b) NaOH 2 M (150 mL) eta HCl 2,2 M (160 mL)

c) NaOH 2 M (150 mL) eta CH₃COOH 2,2 M (160 mL). $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$

EBAZPENA

a)

Neutralizazio-erreakzioa $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ da. Neutralizazio-erreakzioari dagokion taula beteko dugu. Taula hori moletan egitea komenigarriagoa da, eta lehenik, beraz, mol kopuruak kalkulatu behar dira:

$$n(\text{NaOH}) = 2 \text{ mol/L} \times 0,150 \text{ L} = 0,30 \text{ mol}$$

$$n(\text{HCl}) = 1,5 \text{ mol/L} \times 0,200 \text{ L} = 0,30 \text{ mol}$$

	HCl	NaOH	→	NaCl	H ₂ O
Hasiera (mol)	0,30	0,30		0	0
Erreak. (mol)	-0,30	-0,30		+0,30	+0,30
Amaiera (mol)	0	0		0,30	0,30

Erlazio estekiometrika 1:1 denez eta bi errektiboen mol kopuru bera jarri denez, ez da errektiborik geratzen soberan. Amaieran, 0,30 mol NaCl eta 0,30 mol H₂O eratu dira. Sodio kloruroak ez du pH-a aldatzen (azido eta base sendotik dator), hortaz, amaierako pH-a 7 da. Amaierako NaCl-aren kontzentrazioa kalkulatu nahi izango bagenu, kontuan hartu behar da disoluzioaren bolumen osoa 350 mL dela (200 mL eta 150 mL nahastu dira). Hain zuzen ere:

$$M(\text{NaCl}) = 0,30 \text{ mol} / 0,350 \text{ L} = 0,857 \text{ mol/L}.$$

b)

Kasu honetan prozedura berari jarraitu behar zaio:

$$n(\text{NaOH}) = 2 \text{ mol/L} \cdot 0,150 \text{ L} = 0,30 \text{ mol}$$

$$n(\text{HCl}) = 2,2 \text{ mol/L} \cdot 0,160 \text{ L} = 0,352 \text{ mol}$$

Erlazio estekiometrikoa 1:1 denez, NaOH da mugatzailea eta HCl soberan geratuko da:

	HCl	NaOH	→	NaCl	H ₂ O
Hasiera (mol)	0,352	0,30		0	0
Erreak. (mol)	-0,30	-0,30		+0,30	+0,30
Amaiera (mol)	0,052	0		0,30	0,30

Amaieran dauden substantzietatik, azido klorhidrikoak pH-a alda dezake, hortaz, haren kontzentrazioa kalkulatu behar da: $M(\text{HCl}) = 0,052 \text{ mol} / 0,310 \text{ L} = 0,168 \text{ mol/L}$.

Jarraian, $[\text{HCl}] = 0,168 \text{ mol/L}$ disoluzioaren pH-a kalkulatu behar da, orain arte egin den moduan. Azido sendoa denez,

$$[\text{HCl}] = [\text{Cl}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 0,168 \text{ mol/L}$$

izango da, eta, beraz, $\text{pH} = -\log 0,168 = 0,77$

c)

Aurreko atalaren berdina da, baina, azido sendo baten orde (azido klorhidrikoa), azido ahul bat nahastu da (azido azetiko). Lehendabizi, molak kalkulatu behar dira.

$$n(\text{NaOH}) = 2 \text{ mol/L} \cdot 0,150 \text{ L} = 0,30 \text{ mol}$$

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 2,2 \text{ mol/L} \cdot 0,160 \text{ L} = 0,352 \text{ mol}$$

Neutralizazio-erreakzioa hau da: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$

	CH ₃ COOH	NaOH	→	CH ₃ COONa	H ₂ O
Hasiera (mol)	0,352	0,30		0	0
Erreak. (mol)	-0,30	-0,30		+0,30	+0,30
Amaiera (mol)	0,052	0		0,30	0,30

Amaieran dauden substantzietatik, azido azetikoak eta sodio azetatoak alda dezakete pH-a. Kontzentrazioak kalkulatu behar dira, bolumen totala 310 mL dela jakinda.

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0,052 \text{ mol} / 0,310 \text{ L} = 0,168 \text{ M}$$

$$[\text{CH}_3\text{COONa}] = 0,30 \text{ mol} / 0,310 \text{ L} = 0,968 \text{ M}$$

Ohar zaitez azido azetikoa eta sodio azetatoa duen disoluzioa erregulatzailea dela. Hortaz, pH-a Henderson-Haselbalchen ekuazioaren bidez kalkula daiteke:

$$\text{pH} = -\log \left(K_a \cdot \frac{M_{\text{azidoa}}}{M_{\text{gatzia}}} \right) = -\log \left(1,8 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{0,168}{0,968} \right) = 5,51$$

5.7.1. Azido-base balorazioak

Neutralizazio-erreakzioak erreakzio azkarrak eta osoak direnez, analisi kuantitatiboan erabiltzen dira azido eta base ezezagunen kontzentrazioak ezagutzeko: horixe da balorazio bat egitea. Azidoaren balorazioa egiten denean (alegia, azidoaren kontzentrazioa ezagutu nahi denean), azidimetria deritzo. Ezezaguna basea denean, aldiz, alkalimetria. Balorazioa azidoa eta basea pixkanaka nahastuz egiten da, baliokidetza-puntura iritsi arte. Puntu horretan, azidotik datozen hidronio ioi guztiak eta basetik datozen hidroxilo ioi guztiak neutralizatu dira. Puntu horretan, neutralizazio-erreakzioan ikusten den molen erlazio estekiometrikoa betetzen da.

Prozedura esperimentalak, labur azalduz, honako hau da (5.1. irudia): erlenmeyer matrize batean kontzentrazio ezezaguna duen azido baten edo base baten bolumen ezaguna jartzen da (V_1) eta azido-base adierazle baten (5.7.2. atalean azalduko dira sakonago) tanta gutxi batzuk gehitzen dira. Buretan kontzentrazio ezaguneko azidoa edo basea jartzen da. Jakina, azidoaren kontzentrazioa ezezaguna bada, base batekin baloratu behar da, eta alderantziz. Bureta arrasean jartzen da (alegia, zeroraino bete) eta, jarraian, buretaren giltza irekitzen da. Giltza horri esker, tantaz tanta, erlenmeyerrera buretako disoluzioa gehitzen da nahastea irabiatuz. Une jakin batean (amaiera-puntuan), indikatzailearen kolore-aldaketa gertatuko da, eta, orduan, giltza itxi egingo da: V_2 da erabilitako bolumena. Amaiera-puntua (indikatzaileak kolorea aldatzen duenean) eta baliokidetza-puntua (azidoa eta basea neutralizatu diren unea) ez datoz bat, baina gertu egon behar dute emaitzak onargarriak izan daitezen.



5.1. irudia. Bureta eta erlenmeyer matrizea.

Oro har, baliokidetza-puntuan

$$a \cdot M_{\text{azidoa}} \cdot V_{\text{azidoa}} = b \cdot M_{\text{basea}} \cdot V_{\text{basea}}$$

betetzen da, non a basearen koefiziente estekiometrikoa den, eta b , aldiz, azidoarena (nolabait esateko, «trukatu» egin behar dira koefiziente estekiometrikoak). Ohar zaitez ekuazio horretan ezezagun bakarra egongo dela eta, hortaz, erraz kalkulatu ahal izango dela. Bestalde, bolumenak mL-tan jar daitezke (bi aldeetan gauza bera egiten bada, noski). Zenbait kasutan, berriz, gramoak lortzea eskatuko da. Kasu horietan $M \cdot V = n$ dela gogoratu, eta horrela molak lor daitezke gero gramoak kalkulatzeko.

Bestalde, kontuan izan baliokidetza-puntuan (edo amaiera-puntuan) pH-a ez dela beti 7 izango eratutako gatzaren hidrolisi-erreakzioa dela-eta. Hain zuzen ere, azido ahul bat base sendo batekin baloratzen bada, amaierako pH-a basikoa da, eta base ahul bat azido sendo batekin baloratzen bada, aldiz, azidoa.

5.17. adibidea

Azido azetiko (CH_3COOH) disoluzio baten kontzentrazioa ezagutu nahi da. Horretarako, 0,5 M den sodio hidroxidoarekin balorazioa egin da laborategian. Azido azetiko disoluzioaren 50 mL hartu dira, eta 35,7 mL gastatu dira adierazleak kolore aldatu duen arte. Kalkulatu azido azetiko disoluzioaren kontzentrazioa, mol/L eta g/L unitateetan.

Masa atomikoak (u): C: 12, O: 16, H: 1.

EBAZPENA

Balorazioak egiten direnean, ez da beharrezkoa orain arte ikusi ditugun neutralizazioen taulak egitea; izan ere, jakina da balorazioetan azidoaren eta basearen mol guztiak kontsumitzen direla (erreaktiborik ez dago soberan).

Neutralizazio-erreakzioa hau da: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$

Beraz, $M_{\text{azidoa}} \cdot V_{\text{azidoa}} = M_{\text{basea}} \cdot V_{\text{basea}}$ beteko da, $a = b = 1$ delako. Datu ezagunak ordezkatzeko badira:

$$x \cdot 50 \text{ mL} = 0,5 \text{ mol/L} \cdot 35,7 \text{ mL} \rightarrow x = [\text{CH}_3\text{COOH}] = 0,357 \text{ mol/L}$$

Kontzentrazioa g/L-tan adierazi behar denez,

$$MM(\text{CH}_3\text{COOH}) = 60 \text{ g/mol}$$

$$MM(\text{CH}_3\text{COOH}) = 60 \text{ g/mol}; \quad 60 \text{ g} \text{ — } 1 \text{ mol}$$

$$x \text{ g} \text{ — } 0,357 \text{ mol}; \quad x = 21,42 \text{ g CH}_3\text{COOH}$$

Molartasuna ere litrotan adierazita dagoenez, $C = 21,42 \text{ g/L}$

5.18. adibidea

5.17. adibideko azido azetiko disoluzioaren beste 50 mL 0,5 M den kaltzio hidroxido disoluzioarekin baloratzen badira, zenbat mL kontsumituko dira?

EBAZPENA

Sodio hidroxidoaren ordez kaltzio hidroxidoa erabiltzen bada baloratzailer moduan, hau izango da neutralizazio-erreakzioa: $2 \text{CH}_3\text{COOH} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca} + 2 \text{H}_2\text{O}$

Hortaz, $a = 1$ eta $b = 2$ da, alegia:

$$M_{\text{azidoa}} \cdot V_{\text{azidoa}} = 2 \cdot M_{\text{basea}} \cdot V_{\text{basea}} \rightarrow 0,357 \text{ mol/L} \cdot 50 \text{ mL} = 2 \cdot 0,5 \text{ mol/L} \cdot V_{\text{basea}}$$

Ekuaziotik, $V_{\text{basea}} = 17,85 \text{ mL}$ lortzen da. Ohar zaitez bolumen erdia kontsumitzen dela azido azetiko disoluzioa neutralizatzeko, kaltzio hidroxido molekula bakoitzak bi hidroxilo dituelako.

5.19. adibidea

Zenbat gramo potasio hidroxido behar dira azido sulfurikotan 0,1 M den disoluzio baten 100 mL neutralizatzeko?

Masa atomikoak (u): K: 39,1, O: 16, H: 1.

EBAZPENA

Neutralizazio-erreakzioa: $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{ KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2 \text{ H}_2\text{O}$

$a = 2$ eta $b = 1$ dira, baina ohar zaitez gramoak eskatzen direla. Kasu horretan, errazagoa da zuzenean $M \cdot V$ idatzi ordez, zuzenean molak (n) idaztea potasio hidroxidoaren kasuan, hau da:

$$2 \cdot M_{\text{azidoa}} \cdot V_{\text{azidoa}} = n_{\text{basea}} \rightarrow 2 \cdot 0,1 \text{ mol/L} \cdot 0,1 \text{ L} = n_{\text{basea}}$$

Ohar zaitez molak idazten direnean bolumena litrotan idaztea derrigorrezkoa dela.

Ekuaziotik, $n_{\text{basea}} = 0,02$ dela lortzen da. Potasio hidroxidoaren masa molarra 56,1 g/mol denez, 0,02 mol horiek 1,12 g KOH dira.

5.7.2. Azido-base adierazleak

Azido-base adierazleak (edo indikatzailak) dauden disoluzioaren pH-aren arabera kolore desberdina duten substantziak dira. Substantzia horiek azido ahulak edo base ahulak izan daitezke. Indikatzailaren kolore-aldaketari esker balorazioaren baliokidetza-puntua ikus daiteke eta, hartara, balorazioa bukatutzat eman daiteke. Adierazle desberdin asko daude eta bakoitzak bere biraketa-tarte bereizgarria du, alegia, kolore-aldaketa gertatzen den pH tartea. Balorazio jakin bat egiterakoan,

baliokidetza-puntuko pH-a adierazlearen biraketa-tartearen barruan dagoela ziurtatu behar da emaitza egokiak lortzeko. Honako hauek azido-base adierazle ezagunak dira (parentesien artean, biraketa-tartea eta kolore-aldaketa pH azidotik basikora pasatzean):

- a) Fenolftaleina (8,3-9,5; koloregabea $\Rightarrow$ arrosa)
- b) Metil laranja (3,1-4; gorria $\Rightarrow$ horia)
- c) Metil gorria (4,2-6,3; gorria $\Rightarrow$ horia)
- d) Bromotimol urdina (6,0-7,6; horia $\Rightarrow$ urdina)

5.8. EBATZITAKO ARIKETAK

5.1. ariketa ebatzia

Adierazi erreakzio hauetan zein den azidoa eta zein basea:

- a) $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NO}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+$
- b) $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$
- c) $\text{HI} + \text{HSO}_4^- \rightleftharpoons \text{I}^- + \text{H}_2\text{SO}_4$
- d) $\text{HS}^- + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{S}^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

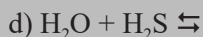
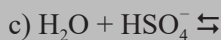
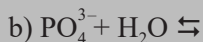
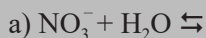
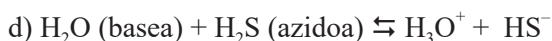
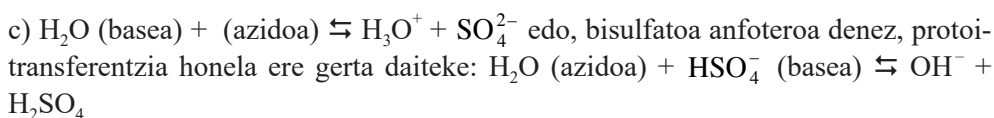
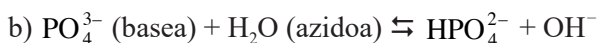
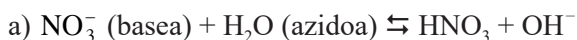
EBAZPENA

Kasu bakoitzean protoi-transferentzia nola gertatu den aztertu behar da. Protoia ematen duen espeziea azidoa da eta protoia jasotzen duena basea da, Brönsted-Lowryren teoriaren arabera. Hortaz,

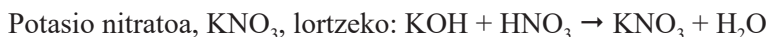
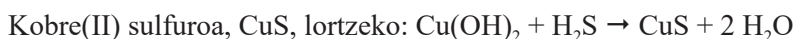
- a) HNO_3 azidoa da eta H_2O basea.
- b) H_2O azidoa da eta CO_3^{2-} basea.
- c) HI azidoa da eta HSO_4^- basea.
- d) HS^- azidoa da eta OH^- basea.

5.2. ariketa ebatzia

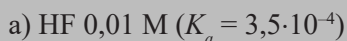
Osatu azido-base erreakzio hauek eta adierazi zein den azidoa eta zein den basea:

**EBAZPENA****5.3. ariketa ebatzia**

Idatzi eta doitu sodio bromuroa, kobre(II) sulfuroa eta potasio nitratoa lortzeko egin behar diren neutralizazio-erreakzioak

EBAZPENA**5.4. ariketa ebatzia**

Kalkulatu disoluzio hauen pH-a:



EBAZPENA

a)

Azido-base erreakzioa: $\text{HF} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{F}^- + \text{H}_3\text{O}^+$

Hasierako kontzentrazioa 0,01 M denez, taula honela bete behar da:

	HF	H ₂ O	$\rightleftharpoons$	F ⁻	H ₃ O ⁺
Hasiera (mol/L)	0,01	—		0	0
Erreak. (mol/L)	-x	—		+x	+x
Oreka (mol/L)	0,01 - x	—		x	x

Azidotasun-konstantea ezaguna denez,

$$K_a = \frac{[\text{F}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HF}]} = \frac{x^2}{0,01 - x} \approx \frac{x^2}{0,01 - x} = 3,5 \cdot 10^{-4}$$

Hortaz, $x^2 = 3,5 \cdot 10^{-6} \rightarrow x = 1,87 \cdot 10^{-3}$. Kasu honetan, hurbilketa ez da egokia, beraz, bigarren mailako ekuazioa askatu behar da. Hain zuzen ere:

$$x^2 = 3,5 \cdot 10^{-4} (0,01 - x) = 3,5 \cdot 10^{-6} - 3,5 \cdot 10^{-4}x; x^2 + 3,5 \cdot 10^{-4}x - 3,5 \cdot 10^{-6} = 0$$

$x = 1,704 \cdot 10^{-3}$ da esanahi fisikoa duen erantzun bakarra, hortaz, hori da orekan H_3O^+ ioien kontzentrazioa, eta ondorioz: $\text{pH} = -\log(1,704 \cdot 10^{-3}) = 2,77$

b)

Amoniakoaren kasuan, prozedura berari jarraitu behar zaio. Amoniakoaren Brönsted-Lowry azido-base erreakzioa $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ dela jakinda, taula bete behar da:

	NH ₃	H ₂ O	$\rightleftharpoons$	NH ₄ ⁺	OH ⁻
Hasiera (mol/L)	0,1	—		0	0
Erreak. (mol/L)	-x	—		+x	+x
Oreka (mol/L)	0,1 - x	—		x	x

Oreka-egoerako kontzentrazioek azidotasun-konstantea bete behar dute, beraz:

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]}$$

Adi, izan ere kasu honetan ariketak azidotasun-konstantea ematen du datu bezala, eta ez basikotasun-konstantea. Lehendabizi hori kalkulatu behar da. $K_a \cdot K_b = K_w$ denez:

$$K_a \cdot K_b = K_w \rightarrow 5,6 \cdot 10^{-10} \cdot K_b = 10^{-14} \rightarrow K_b = 1,786 \cdot 10^{-5}$$

Jarraian, basikotasun-konstantea erabiliz:

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{x \cdot x}{(0,1 - x)} \approx \frac{x^2}{0,1} = 1,786 \cdot 10^{-5} \rightarrow x^2 = 1,786 \cdot 10^{-3}$$

Bigarren mailako ekuazioa askatuta, $x = 1,336 \cdot 10^{-3}$ dela lortzen da, eta hurbilketa egokia dela frogatu daiteke. Hortaz, $[\text{OH}^-] = x = 1,336 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$ da eta $\text{pOH} = -\log(1,336 \cdot 10^{-3}) = 2,87$. Beraz, $\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 11,13$.

5.5. ariketa ebatzia

Azido azetikotan (CH_3COOH) 0,5 M den disoluzio baten 100 mL eta HCl-tan 0,1 M den disoluzio baten 40 mL ditugu. Bietako bati ura gehituz bien pH-a berdina izatea nahi bada, kalkulatu zein ur-bolumen gehitu behar den eta zein disoluziori. Azido azetikoaren azidotasun-konstantea $1,8 \cdot 10^{-5}$ da.

EBAZPENA

Lehendabizi disoluzio bakoitzaren pH-a kalkulatu behar da. HCl-a azido sendoa denez, kalkulua erraza da:

$$[\text{HCl}] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 0,1 \text{ mol/L} \rightarrow \text{pH} = -\log 0,1 = 1$$

Azido azetikoaren kasuan, berriz, azido ahula denez, taula honen bidez egin behar da:

	CH_3COOH	H_2O	$\rightleftharpoons$	CH_3COO^-	H_3O^+
Hasiera (mol/L)	0,5	—		0	0
Erreak. (mol/L)	$-x$	—		$+x$	$+x$
Oreka (mol/L)	$0,5 - x$	—		x	x

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{x^2}{0,5 - x} \approx \frac{x^2}{0,5} = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

Ekuazioa askatuta, $x = 3 \cdot 10^{-3}$ dela lortzen da, eta hurbilketa egokia da (167 aldiz txikiagoa da arbuiatu dena). Hortaz,

$$x = [\text{H}_3\text{O}^+] = 3 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} \rightarrow \text{pH} = 2,52$$

Uraren pH-a 7 denez, argi dago azido klorhidrikoari gehitu behar zaiola ura, bi disoluzioen pH-ak berdindu nahi badira (azido azetikoari ura gehituta, pH-a ez da jaitsiko). Bestalde, ohar zaitez pH-ak kalkulatzean disoluzioen bolumenak ez direla kontuan hartzen.

HCl disoluzioaren pH-a 2,52 izan dadin,

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2,52} = 3,02 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

izan behar du (kalkulua egitea ez da beharrezkoa; izan ere, azido azetiko disoluzioaren kontzentrazioa berdina da). HCl-a azido sendoa denez, oraingoan ere, honakoa bete behar da:

$$[\text{HCl}] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 3,02 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

Jarraian kalkulatu behar da zenbat ur gehitu behar zaion 40 mL-ko disoluzioari $[\text{H}_3\text{O}^+]$ kontzentrazioa balio horretara diluitu dadin. Diluzioen kasuan, ekuazio hau erabiltzen da:

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$0,1 \text{ mol/L} \cdot 40 \text{ mL} = 3,02 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} \cdot x \rightarrow x = 1324,5 \text{ mL}$$

Lortutakoa guztizko bolumena da eta disoluzioak 40 mL ditu, hortaz, gehitu beharreko ur-bolumena $1324,5 - 40 = 1284,5 \text{ mL}$ da eta, esan denez, HCl disoluzioan gehitu behar dira.

5.6. ariketa ebatzia

Tenperatura jakin batean amoniako ur-disoluzio batek 0,17 g NH_3 ditu litroko eta % 4,2 disoziatuta dago. Kalkulatu disoluzioaren pH-a eta amoniakoaren ionizazio-konstantea.

Masa atomikoak (u): N: 14, H: 1.

EBAZPENA

Amoniako-kontzentrazioa 0,17 g/L da disoluzio horretan. Masa atomikoak erabiliz, amoniakoaren masa molarra kalkula daiteke:

$$MM(\text{NH}_3) = 17 \text{ g/mol}$$

Hortaz, 0,17 gramoak 0,01 mol dira. Ondorioz, $[\text{NH}_3] = 0,01 \text{ mol/L}$ da. Kontzentrazioa kalkulatu ondoren, taula bete daiteke:

	NH_3	H_2O	$\rightleftharpoons$	NH_4^+	OH^-
Hasiera (mol/L)	0,01	—		0	0
Erreak. (mol/L)	$-x$	—		$+x$	$+x$
Oreka (mol/L)	$0,01 - x$	—		x	x

Disoziazioa % 4,2 dela jakinda, erreakzionatu duen amoniako kantitatea erraz lor daiteke. Hain zuzen ere:

$$\% 100 \text{ — } \% 4,2$$

$$0,01 \text{ mol/L — } x \text{ mol, } x = 4,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

Hortaz, $x = [\text{OH}^-] = 4,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L} \rightarrow \text{pOH} = -\log(4,2 \cdot 10^{-4}) = 3,38$ eta, azkenik,

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 3,38 = 10,62$$

Amoniakoaren basikotasun-konstantea kalkulatzeko, taula erabiliz substantzia guztien kontzentrazioak kalkulatu behar dira, hau da:

$$[\text{OH}^-] = x = 4,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$[\text{NH}_4^+] = x = 4,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$[\text{NH}_3] = 0,01 - x = 0,01 - 4,2 \cdot 10^{-4} = 9,58 \cdot 10^{-3}$$

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{4,2 \cdot 10^{-4} \cdot 4,2 \cdot 10^{-4}}{9,58 \cdot 10^{-3}} = 1,84 \cdot 10^{-5}$$

5.7. ariketa ebatzia

Kalkulatu zenbat gramo azido nitroso (HNO_2) disolbatu behar diren 500 mL uretan, $\text{pH} = 2,5$ izan dadin ($K_a = 4,5 \cdot 10^{-4}$).

Masa atomikoak (u): N: 14, H: 1, O: 16.

EBAZPENA

Lortu beharreko pH-a ezaguna denez, hidronio ioien kontzentrazioa kalkula daiteke:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2,5} = 3,16 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

Jarraian azido nitrosoaren eta uraren arteko Brönsted-Lowryren erreakzioari dagokion taula idatzi behar da:

	HNO_2	H_2O	$\rightleftharpoons$	NO_2^-	H_3O^+
Hasiera (mol/L)	C_0	—		0	0
Erreak. (mol/L)	$-x$	—		$+x$	$+x$
Oreka (mol/L)	$C_0 - x$	—		x	x

$[\text{H}_3\text{O}^+] = x$ denez, $x = 3,16 \cdot 10^{-3}$ mol/L. Hortaz, taula honela osa daiteke:

	HNO_2	H_2O	$\rightleftharpoons$	NO_2^-	H_3O^+
Hasiera (mol/L)	C_0	—		0	0
Erreak. (mol/L)	$-3,16 \cdot 10^{-3}$	—		$+3,16 \cdot 10^{-3}$	$+3,16 \cdot 10^{-3}$
Oreka (mol/L)	$C_0 - 3,16 \cdot 10^{-3}$	—		$3,16 \cdot 10^{-3}$	$3,16 \cdot 10^{-3}$

Azidotasun-konstantea ezaguna denez:

$$K_a = \frac{[\text{NO}_2^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HNO}_2]} = \frac{(3,16 \cdot 10^{-3})^2}{C_0 - 3,16 \cdot 10^{-3}} = 4,5 \cdot 10^{-4}$$

Ekuazioa askatuta, $C_0 = 0,0254$ mol/L lortzen da. Disoluzioaren bolumena 500 mL denez, horrek esan nahi du 500 mL horietan, $0,0254 \text{ mol/L} \times 0,500 \text{ L} = 0,0127$ mol daudela. Azidoaren masa molarra $MM(\text{HNO}_2) = 47$ g/mol denez,

$$0,0127 \text{ mol} \times 47 \text{ g/mol} = 0,597 \text{ g azido nitroso}$$

disolbatu behar dira 500 mL uretan, $\text{pH} = 2,5$ duen disoluzioa lortzeko.

5.8. ariketa ebatzia

Azido azetikotan 0,2 M den disoluzio bat eta sodio azetatotan 0,2 M den beste disoluzio bat nahastu dira.

a) Azido azetikoaren azidotasun-konstantea, K_a , $1,8 \cdot 10^{-5}$ dela jakinda, kalkulatu disoluzioaren pH-a.

b) Disoluzio horren 1 L-i 0,05 mol HCl gehitzen bazaizkio, zein izango da pH-a?

EBAZPENA

a)

Disoluzioa erregulatzailerik denez (azido ahul baten eta haren base konjugatuaren gatz baten nahastea), pH-a erraz kalkula daiteke zuzenean Henderson-Hasselbalchen ekuazioa erabiliz:

Disoluzio erregulatzaile azidoa denez:

$$\text{pH} = -\log \left(K_a \cdot \frac{M_{\text{azidoa}}}{M_{\text{gatza}}} \right) = -\log \left(1,8 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{0,2}{0,2} \right) = 4,74$$

b)

0,050 mol HCl gehitzen badira, H^+ ioiek disoluzioan dauden azetato ioiekin erreakzionatuko dute, eskuinera lerratutako erreakzio honen arabera:



0,050 mol H^+ gehitu direnez, 0,05 mol CH_3COO^- kontsumituko dira eta 0,05 mol CH_3COOH eratuko dira, alegia,

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = 0,2 \text{ mol} - 0,050 \text{ mol} = 0,14 \text{ mol}$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0,2 \text{ mol} + 0,050 \text{ mol} = 0,26 \text{ mol}$$

Disoluzioaren pH-a kalkulatzeko, berriro ere Henderson-Hasselbalchen ekuazioa erabili behar da:

$$\text{pH} = -\log \left(K_a \cdot \frac{M_{\text{azidoa}}}{M_{\text{gatza}}} \right) = -\log \left(1,8 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{0,26}{0,14} \right) = 4,48$$

Ikus daitekeen bezala, azido sendoaren gehikuntzak pH-aren aldaketa txikia eragin du (horixe izaten da disoluzio erregulatzaileen funtzioa).

5.9. ariketa ebatzia

2,5 L-ko ontzi batean dagoen amoniako gas guztia (1,2 atm-ko presioan eta 30 °C-an) 300 mL uretan disolbatu da.

a) Kalkulatu amoniakoaren molartasuna ur-disoluzioan.

b) Amoniakoaren azidotasun-konstantea, K_a , $5,56 \cdot 10^{-10}$ dela jakinda, kalkulatu disoluzioaren pH-a.

EBAZPENA

a)

Gas idealek $pV = nRT$ erlazioa betetzen dute. Gogoan izan ekuazioaren unitateak, hau da, p : presioa (atm); V : bolumena (L); n : mol kopurua (mol); T : temperatura (K) ($K = ^\circ C + 273$); R : konstantea (0,082 atm L/mol K). Hortaz, $T = 303$ K denez:

$$pV = nRT \rightarrow n = \frac{pV}{RT} = \frac{1,2 \cdot 2,5}{0,082 \cdot 303} = 0,121 \text{ mol}$$

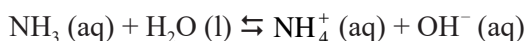
Molak kalkulatu ondoren, $M = n / V = 0,121 \text{ mol} / 0,300 \text{ L} = 0,403 \text{ mol/L}$

b)

Amoniakoa basea denez, basikotasun-konstantea kalkulatu behar da:

$$K_b = K_w / K_a = 10^{-14} / 5,56 \cdot 10^{-10} = 1,80 \cdot 10^{-5}$$

Konstantea kalkulatu ondoren, ohikoa den taula bete behar da, amoniakoaren Brönsted-Lowry azido-base erreakzioa oinarritzat hartuz:



	NH_3	H_2O	$\rightleftharpoons$	NH_4^+	OH^-
Hasiera (mol/L)	0,403	—		0	0
Erreak. (mol/L)	$-x$	—		$+x$	$+x$
Oreka (mol/L)	$0,403 - x$	—		x	x

Oreka-egoerako kontzentrazioek azidotasun-konstantea bete behar dute, beraz:

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{x \cdot x}{(0,403 - x)} \approx \frac{x^2}{0,403} = 1,8 \cdot 10^{-5} \rightarrow$$

$$\rightarrow x^2 = 7,254 \cdot 10^{-6} \rightarrow x = 2,69 \cdot 10^{-3}$$

Hurbilketa egokia dela frogatu ondoren (150 aldiz txikiagoa da arbuiatu dena, beraz, egokia da), hidroxilo ioien kontzentrazioa lor daiteke, eta hortik pH-a:

$$[\text{OH}^-] = x = 2,69 \cdot 10^{-3} \text{ M} \rightarrow \text{pOH} = -\log(2,69 \cdot 10^{-3}) = 2,57 \rightarrow \text{pH} = 14 - \text{pOH} = 11,43$$

5.10. ariketa ebatzia

Azido iodiko (HIO_3) disoluzio bat prestatzeko 3,6 g disolbatu dira 150 mL-tan. Disoluzioaren pH-a 1,05 dela jakinda, kalkulatu:

a) Azido iodikoaren azidotasun-konstantea.

b) Azidoaren disoziazio-maila.

c) Oreka lortu ondoren 1,25 g azido iodiko gehitzen badira, bolumena konstante mantentzen dela joz, zein izango da disoluzioaren amaierako pH-a?

Masa atomikoak (u): H: 1, O: 16, I: 127.

EBAZPENA

a)

Azido iodikoaren masa molarra, $MM(\text{HIO}_3) = 176 \text{ g/mol}$ da, hortaz, 3,6 g zenbat mol diren kalkulatu behar da (hiruko erregela edo formula hau erabiliz):

$$MM = \frac{m}{n} \rightarrow n = \frac{m}{MM} = \frac{3,6 \text{ g}}{176 \text{ g/mol}} = 0,02045 \text{ mol}$$

Jarraian, molartasuna kalkulatu behar da: $M = n / V = 0,02045 \text{ mol} / 0,150 \text{ L} = 0,1364 \text{ mol/L}$

Lortu beharreko pH-a ezaguna denez, hidronio ioien kontzentrazioa kalkula daiteke:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-1,05} = 0,0891 \text{ mol/L}$$

Jarraian azido iodikoaren eta uraren arteko Brönsted-Lowryren erreakzioari dagokion taula idatzi behar da (kasu honetan beharrezkoa ez bada ere).

	HIO_3	H_2O	$\rightleftharpoons$	IO_3^-	H_3O^+
Hasiera (mol/L)	0,1364	—		0	0
Erreak. (mol/L)	−0,0891	—		+0,0891	+0,0891
Oreka (mol/L)	0,0473	—		0,0891	0,0891

Azidotasun-konstantea, beraz:

$$K_a = \frac{[\text{IO}_3^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HIO}_3]} = \frac{(0,0891)^2}{0,0473} = 0,168$$

b)

Disoziazio-maila kalkulatzeko:

$$\alpha = \frac{\text{Disoziatu dena}}{\text{Hasierako kontz.}} = \frac{0,0891 \text{ mol/L}}{0,1394 \text{ mol/L}} \cdot 100 = \% 65,32$$

Gogoratu disoziazio-maila (0-1) eskalan ere adieraz daitekeela. Kasu horretan, $\alpha = 0,653$ da.

c)

Le Châtelierren printzipioaren arabera, oreka-egoera lortu ondoren azido iodikoa gehitzen bada, erreakzioa lerratuko da substantzia hori kontsumitzen den noranzkoan, alegia, eskuinera. Aurreko ataleko taulako orekako kontzentrazioak, hasierakoak izango dira orain. Azido iodikoaren kasuan, 1,25 g gehitu direla kontuan hartu behar da (1,25 g 150 mL-tan).

$$[\text{HIO}_3]_{\text{gehitua}} = 0,0473 \text{ mol/L}$$

$$\text{Beraz, } [\text{HIO}_3]_{\text{hasieran}} = [\text{HIO}_3]_{\text{gehitua}} + [\text{HIO}_3]_{\text{aurreko orekan}} = 0,0473 \text{ M} + 0,0473 \text{ M} = 0,0946 \text{ M}$$

Taulan adierazita:

	HIO_3	H_2O	$\rightleftharpoons$	IO_3^-	H_3O^+
Hasiera (mol/L)	0,0946	—		0,0891	0,0891
Erreak. (mol/L)	$-x$	—		$+x$	$+x$
Oreka (mol/L)	$0,0946 - x$	—		$0,0891 + x$	$0,0891 + x$

Azidotasun-konstantea ez da aldatzen, hortaz:

$$K_a = 0,168 = \frac{[\text{IO}_3^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HIO}_3]} = \frac{(0,0891 + x)^2}{0,0946 - x} = 0,168$$

Bigarren mailako ekuazioa askatuta, $x = 0,0216$ dela lortzen da (ezin da hurbilketarik egin). Ondorioz, $\text{pH} = -\log(0,1107) = 0,97$

5.11. ariketa ebatzia

Amoniako (NH_3) disoluzio batean dagoen amoniako puru kantitatea zehaztu nahi da laborategian. Horretarako, 20 mL disoluzio hartu eta 500 mL-ko bolumeneraino diluitu dira. Azken disoluzio horren balorazioan 0,5 M HCl disoluzio baten 22,9 mL behar izan dira. Kalkulatu:

a) Amoniako-kontzentrazioa hasierako disoluzioan, g/L unitateetan.

b) Erlenmeyerreko disoluzioaren (alegia, baloratu denaren) pH-a (azidoa, basikoa edo neutroa).

Masa atomikoak (u): H: 1, N: 14.

EBAZPENA

a)

Jakina denez, amoniakoaren eta azido klorhidrikoaren arteko neutralizazio-erreakzioaren estekiometria 1:1 da. Beraz,

$$M_{\text{azidoa}} \cdot V_{\text{azidoa}} = M_{\text{basea}} \cdot V_{\text{basea}} \rightarrow 0,5 \text{ M} \cdot 22,9 \text{ mL} = M_{\text{basea}} \cdot 25 \text{ mL}$$

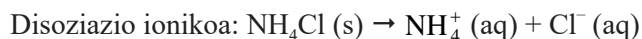
betetzen da. Ekuazioa askatuta, $M_{\text{basea}} = 0,458 \text{ M}$ lortzen da. Kontuan izanik jatorrizko disoluzioa 500 mL-tara diluitu dela, diluzioen ekuazioa erabili behar da:

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2 \rightarrow 0,458 \text{ M} \cdot 500 \text{ mL} = M_2 \cdot 20 \text{ mL}$$

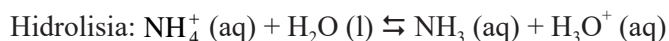
$M_2 = 11,45 \text{ M}$ da, eta amoniakoaren masa molarra 17 g/mol denez, jatorrizko disoluzioaren kontzentrazioa $x = 11,45 \text{ mol/L} \cdot 17 \text{ g/mol} = 194,65 \text{ g/L}$ da.

b)

Balorazioaren baliokidetza-puntuan amonio kloruroa eratu da, eta, bestalde, balorazioa denez, jatorrizko amoniako eta azido klorhidriko guztia kontsumitu da. Beraz, amonio kloruroaren hidrolisi-erreakzioa aztertu behar da. Jakina denez, amonio kloruroaren hidrolisiak pH azidoa ematen du; izan ere:



Amonioa base ahul baten konjokatua da (amoniakoarena), hortaz, hidrolisi-erreakzio hau gertatzen da:



Ondorioz, pH azidoa lortzen da.

5.9. ARIKETAK

5.1. ariketa

Sailkatu azido eta base hauek Brönsted-Lowryren teoriaren arabera: H_3O^+ , HCl , S^{2-} , H_2O , NH_3 , SO_4^{2-} , HSO_4^- eta NH_4^+ .

Erantzunak: azidoa, azidoa, basea, anfoteroa, basea, basea, anfoteroa, azidoa.

5.2. ariketa

Adierazi zeintzuk diren azido eta base hauen base eta azido konjokatuak, hurrenez hurren, protoi bakar baten transferentzia gertatzen bada: H_3O^+ , HCl , S^{2-} , NH_3 , SO_4^{2-} eta NH_4^+ . Ondoren, idatzi Brönsted-Lowryren azido-base erreakzioa.

Erantzunak: H_2O , Cl^- , HS^- , NH_4^+ , HSO_4^- , NH_3 .

5.3. ariketa

Kalkulatu $1,5 \cdot 10^{-3}$ M den sodio hidroxido disoluzio baten pH-a. Ondoren kalkulatu amoniako-disoluzio batek pH bera izan dezan zein den amoniako-kontzentrazioa. Amoniakoaren basikotasun-konstantea $1,8 \cdot 10^{-5}$ da.

Erantzunak: pH = 11,18, 0,126 M.

5.4. ariketa

Kalkula ezazu azido hipobromoso (HBrO) disoluzio baten kontzentrazioa, pH = 4,8 dela jakinda ($K_a = 2,1 \cdot 10^{-9}$). Ondoren, azido hipobromosoaren disoziazio-maila kalkulatu.

Erantzunak: 0,12 M, % 0,013.

5.5. ariketa

Kalkulatu azido nitriko disoluzio baten pH-a, masan % 2ko purutasuna badu eta disoluzioaren dentsitatea 1,34 g/L bada (guztizko disoziazioa gertatu dela joz).

Masa atomikoak (u): H: 1, N: 14, O: 16.

Erantzunak: pH = 0,37.

5.6. ariketa

Metilamina (CH_3NH_2) disoluzio baten pH-a 12 da. Kalkulatu disoziazio-maila, metilaminaren basikotasun-konstantea $4,2 \cdot 10^{-4}$ dela jakinda. Oharra: metilamina basea da, eta protoi bat hartzeko gai da.

Erantzuna: % 4,03.

5.7. ariketa

Kalkulatu:

a) Amonio kloruro 0,10 M disoluzio baten pH-a ($K_b = 1,8 \cdot 10^{-5}$).

b) Amoniako 0,03 M eta amonio kloruro 0,04 M duen disoluzio baten pH-a.

Erantzuna: a) pH = 5,13, b) 9,13 M.

5.8. ariketa

Adierazi, arrazoituz, honako substantzia hauek uretan disolbatzean zein izango den ur-disoluzioaren pH-a: potasio kloruroa, amonio nitratoa eta sodio karbonatoa.

Erantzunak: neutroa, azidoa, basikoa.

5.9. ariketa

Azido hipokloroso disoluzio baten kontzentrazioa 0,01 M da eta 100 mL-ko bolumena du. Azido hipoklorosoaren azidotasun-konstantea $3,1 \cdot 10^{-8}$ dela jakinda, kalkulatu pH-a. Ondoren auresan sodio hipoklorito disoluzio baten pH-a azidoa, neutroa edo basikoa izango den.

Erantzunak: pH = 4,75, basikoa.

5.10. ariketa

100 g/mol-eko masa molarra duen azido ahul baten, HA, 0,5 g disolbatu dira 125 mL-tan. Disoluzioaren pH-a 2,5 dela egiaztatu da:

a) Kalkulatu azidoaren disoziazio-maila.

b) Zer bolumen NaOH 0,1 M behar da disoluzio hori neutralizatzeko?

Erantzunak: a) % 7,90, b) 50 mL.

5.11. ariketa

1 L-eko azido klorhidriko disoluzio baten pH-a 2 da. Kalkulatu:

a) Zenbat ur gehitu behar zaion pH = 2,5 izatea lortzeko.

b) Kalkulua errepikatu azido azetikoaren kasurako ($K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$).

Erantzunak: a) 2,16 L, b) 9 L.

5.12. ariketa

Industria batek egunero 20.000 L hondakin isurtzen ditu, $\text{pH} = 1,5$ dutenak. Kalkulatu:

- Zenbat mol H_3O^+ isurtzen diren.
- Hondakinak sodio hidroxidoarekin neutralizatzen badira, zenbat mol beharko diren.
- Kalkulua errepikatu basea kaltzio hidroxidoa bada.
- NaOH kg-aren prezioa 1,25 € bada, zein izango da industriaren eguneko kostua?

Masa atomikoak (u): H: 1, O: 16, Na: 23.

Erantzunak: a) 632,45 mol, b) 632,45 mol, c) 316,23 mol, d) 31,62 €.

5.13. ariketa

Aspirina pilula batean 0,5 g azido azetilsaliziliko ($\text{C}_9\text{O}_4\text{H}_8$) daude. Azido azetilsalizilikoa HA motako azido ahula dela eta haren azidotasun-konstantea $3,5 \cdot 10^{-4}$ dela joz, kalkulatu:

- Pilula bat 150 mL-tan disolbatzean lortuko den pH -a.
- Disoluzioa baloratzeko behar diren NaOH 0,2 M mL-ak.

Masa atomikoak (u): H: 1, C:12, O: 16.

Erantzunak: a) 2,62, b) 13,88 mL.

5.14. ariketa

Amonio kloruro disoluzio baten pH -a 6,1 da ($K_b = 1,8 \cdot 10^{-5}$). Kalkulatu pOH -a, hidrolisi-konstantea, gatzaren kontzentrazioa eta disoziazio-maila.

Erantzunak: 7,9, $K_h = 5,56 \cdot 10^{-10}$, $1,135 \cdot 10^{-3}$ M, % 0,07.

5.15. ariketa

0,2 mol azido formiko eta 0,4 mol sodio formiato disolbatuz 1 L-eko disoluzioa prestatu da. Kalkulatu:

- pH -a ($K_a = 1,8 \cdot 10^{-4}$).
- 0,02 mol HCl gehitzen badira, amaierako pH -a zein izango den.
- Hasierako disoluzioari 0,03 mol NaOH gehitzen bazaizkio, pH -a zein izango den.

Erantzunak: a) 4,05, b) 3,98, c) 4,15.

5.16. ariketa

0,4 L-ko azido azetiko ($K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$) disoluzio baten pH-a 3 bada, kalkulatu azidoaren kontzentrazioa, disoziazio-maila eta disoluzio horren balorazioan zenbat mL NaOH 1 M kontsumituko diren.

Erantzunak: 0,0556 M, % 1,8, 22,24 mL.

5.17. ariketa

100 mL-ko azido azetiko ($K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$) disoluzio baten kontzentrazioa 0,01 M da. Kalkulatu amaierako pH-a:

- a) NaOH-tan 0,015 M den disoluzio baten 50 mL gehitzen bazaizkio.
- b) NaOH-tan 0,015 M den disoluzio baten 200 mL gehitzen bazaizkio (hasierako disoluzioari, betiere).
- c) NaOH-tan 0,01 M den disoluzio baten 100 mL gehitzen bazaizkio.

Erantzunak: a) 2,27, b) 11,82, c) 8,22.

5.18. ariketa

Kaltzio hidroxido disoluzio baten 20 mL behar dira HCl 1 M den beste disoluzio baten 35 mL baloratzeko. Kalkulatu zenbat gramo kaltzio hidroxido dauden disoluzio horren 1,5 L-tan.

Erantzuna: 97,12 g.

5.19. ariketa

Azido nitrosoa $K_a = 4,3 \cdot 10^{-4}$ duen azido ahula da. Kalkulatu zenbat gramo bario hidroxido behar diren 0,243 M den azido nitroso disoluzio baten 10 mL neutralizatzeko, bario hidroxidoaren masa molarra 171,3 g/mol dela jakinda. Ondoren, kalkulatu azido nitroso disoluzio batek izan behar duen kontzentrazioa, HCl 0,01 M disoluzio baten pH bera izateko.

Erantzunak: 0,208 g, 0,243 M.

5.20. ariketa

Kalkulatu nahaste hauen amaierako pH-a:

- a) NaOH 0,2 M (50 mL) eta HCl 0,15 M (15 mL)
- b) NaOH 0,2 M (50 mL) eta CH_3COOH 0,15 M (15 mL) ($K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$)
- c) HCl 0,2 M (50 mL) eta NH_3 0,15 M (15 mL) ($K_b = 1,8 \cdot 10^{-5}$)

d) HCl 0,01 M (50 mL) eta NH_3 0,01 M (50 mL) ($K_b = 1,8 \cdot 10^{-5}$)

e) HCl 0,15 M (15 mL) eta NH_3 0,2 M (50 mL) ($K_b = 1,8 \cdot 10^{-5}$)

Erantzunak: a) 13,08, b) 13,08, c) 0,92, d) 5,78, e) 9,79.

5.21. ariketa

HA azido ahul baten 0,3 M den disoluzioa prestatu da. Disoluzio horren 50 mL-ko lagina hartu eta $\text{pH} = 4$ dela egiaztatu da laborategian. Kalkulatu HA-aren azidotasun-konstantea eta, ondoren, kalkulatu zenbat gramo kaltzio hidroxido behar diren 50 mL-ko lagina baloratzeko. Zein da pH -a baliokidetza-puntuan?

Erantzunak: $3,33 \cdot 10^{-8}$, 0,556 g, pH basikoa.

5.22. ariketa

Ozpin baten pH -a 3,5 dela egiaztatu da laborategian. Ozpina azido azetiko ($K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$) disoluzio diluitua dela joz, kalkulatu:

a) Azido azetikoaren kontzentrazioa ozpinean, g/L unitateetan.

b) Zenbat gramo potasio hidroxido behar diren 500 mL ozpin baloratzeko.

c) Zenbat gramo azido azetiko puru gehitu behar zaizkion ozpin litro bati $\text{pH} = 3$ izan dadin.

Erantzunak: a) 0,352 g/L, b) 0,165 g, c) 3,04 g.

Azken hitza

Josuk liburuaren lehenengo kapituluan aipatzen duen bezala, kimikaz hitz egiteko, nahitaezkoa da haren hizkuntza ezagutzea. Baina ez luke ezinbestekoa izan behar ingelesa, frantsesa edo gaztelania jakiteak, euskara jakite hutsarekin ere nahikoa izan beharko luke kimikaren hizkuntza unibertsala ikasteko. Hori da Josu Lopez-Gazpiok lan honekin bermatzen duena, kimikaren oinarrizko hitz eta esaldiak ikasteko euskara jakitearekin nahikoa izatea. *Kimika orokorreko eskuliburuak* euskara teknikoari bere lekutxoaitortzen dio ezagutzaren hizkuntza unibertsalaren erreinuan.

Bukatzeko, azpimarratu nahiko nuke, kalitatezko produktu hau UEU eta UPV/EHUren arteko elkarlan emankorraren adibide argia dela. Beraz, nire eskerrik beroena proiektu honetan itzalean lan egin duten guztiei.

Jon Zarate Sesma
UPV/EHUko Euskararen arloko errektoreordea

Bibliografia osagarria

- Andrés Ordax, F. eta Arrizabalaga Sáenz, A. (1994): *Formulazioa eta nomenklatura kimikan, IUPAC arauak*, EHUko Argitalpen Zerbitzua, Bilbo.
- Latorre Ariño, M. (2013): *Kimika ez-organikoa, nomenklatura eta formulazioa*, Ibaizabal argitaletxea.
- UEUko Kimika Saila (1996): *Kimika orokorra*, UEU, Bilbo.
- Urretxa, I. eta Iturbe, J. (1999): *Kimikako problemak*, UEU, Bilbo.

Kimika sailean argitaratu diren beste liburu batzuk

Etxean egiteko perfumeri produktuak

Louis Wapniarski, Juan Selva

Fernando Mijangos (itzul.)

1987an argitaratua

ISBN: 84-404-0999-0

Termodinamika makroskopikoa

Jose Mari Elorza

1991n argitaratua

ISBN: 84-86967-34-1

Erreologia. Teoria eta praktika

Antxon Santamaria eta Elias Untzueta

1998an argitaratua

ISBN: 84-86967-64-3

Kimika orokorra

Kimika Saila

1998an argitaratua

ISBN: 84-86967-71-6

Kimikako problemak

Itxar Urretxa eta Jazinto Iturbe

1999an argitaratua

ISBN: 84-86967-97-X

Usainak eta perfumeak: literaturatik kimikara

Fernando Mijangos

2001ean argitaratua

ISBN: 84-8438-022-X

Elikagaiak, elikadura eta dietetika

Eduarne Simón, Bittor Rodríguez eta Idoia Labayen

2007an argitaratua

ISBN: 978-84-8438-092-4

Sukaldaritza-teknologia: sukaldaritza-prozesuen oinarri zientifikoak

Encarnación Goikoetxea Osés

2010ean argitaratua

ISBN: 978-84-8438-331-4

Transesterifikazioak. Biodieselak. Nola lortu biodiesela sukaldeko olioan erabiliz?

Eneritz Anakabe Iturriaga, Sonia Arrasate Gil, Gorka Bueno Mendieta,
Fernando Mijangos Ugarte, Estibaliz Olivares Esteban

2011n argitaratua

ISBN: 978-84-8438-340-6

Ingurugiroa: prozesuak eta kimika fisikoa

Juan E. Figueruelo, Martin Marino Dávila. Itzul.: Jazinto Iturbe Barrenetxea

2013n argitaratua

ISBN: 978-84-8438-474-8

Ingurumen-kutsaduraren analisisia

Nestor Etxebarria Loizate, Maitane Olivares Zabalandikoetxea, Jone Omar

Onaindia, Asier Vallejo Ruiz eta Daniel Zuazagoitia Rey-Baltar

2014an argitaratua

ISBN: 978-84-8438-520-2