

T A H A N K Ö I K E T E A D A

A. A. A R N A
E. A R U M E E L



**Lihtsaid
katseid
keemias**

A-22928 II

A. AARNA · E. ARUMEEL

LIHTSAID
KATSEID
KEEMIAS

Tartu Riiklik Kirjastus
1960

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN · 1960

Autorid on seadnud endile ülesandeks selgitada katsete varal tähtsamaid keemiaalaseid mõisteid. Pearõhk on asetatud sellele, et lugeja ise teostaks praktiliselt katseid ja omandaks kogemusi kemikaalidega töötamisel.

2

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu

45929

E e s s õ n a

Keemia on praegu vallutamas kõiki rahvamajanduse harusid. Tänapäeva tööstus, põllumajandus ja transport on täiesti mõeldamatud ilma keemiatööstuse mitmesuguste saaduste kasutamisetä. Keemiatööstuse väga suurt tähtsust kriipsutab alla 7. mail 1958. a. NLKP Keskkomitee pleenumi poolt vastuvõetud otsus keemiatööstuse arendamise kohta.

Keemiatööstuse uute toodete massiline väljalaskmine esitab suuri nõudeid kõigis tööstusharudes töötavatele spetsialistidele. Käesoleval ajal ei piisa sellest, et ainult teada, milliseid materjale annab keemiatööstus. Uusi aineid on tarvis oskulikult kasutada defitsiitsete materjalide asendamiseks, uut liiki esemete tootmiseks, tööoperatsioonide lihtsustamiseks jne. Selleks otstarbeks on tarvis põhjalikult tunda keemiliste reaktsioonide seaduspärasusi ja tingimusi keemiliste reaktsioonide läbiviimiseks.

Keemia on mõeldamatu ilma katsetamiseta. Juba keemia algmõistetega tutvumine koolis on seotud lihtsamate katsetega. Mida kaugemale läheme keemia õppimisel, seda keerukamateks muutuvad ka vastavad katsed. Nende katsete teostamine nõuab loomulikult vastavalt keerukat aparatuuri ja laboratooriumisisustust.

Keemia tähtsamate mõistete ja seaduspärasustega tutvumine on siiski võimalik ka päris lihtsate katsete varal, mida mõnel juhul võib organiseerida isegi kodustes tingimustes. Muidugi tuleb alati eelistada keemia katseteks spetsiaalselt sisustatud ruumi, nagu kooli keemiakabinetid jne.

Käesoleva raamatu eesmärgiks ongi mõningate katsete varal tähtsamate keemiaalaste mõistete selgitamine. Toodud katsete arv on muidugi liiga väike selleks, et anda täiesti süstemaatilist pilti kõikidest küsimustest. Ka pole käesolevas raamatus püütud jälgida ranget metoodilist ülesehitust, mis on välja kujunenud keemia õpetamisel koolides. Peamine rõhk on asetatud praktilisele katsetamisele oma kätega ja teatavate kogemuste saamisele kemikaalidega töötamisel.

Mõnikord püütakse kujutada keemiku tööd kui teatava retsepti järgimist või ainetega keemiliste reaktsioonide teostamist eesmärgil saada uusi aineid. Tegelikult toimub aga keemiku töö rangete seaduspärasuste alusel. Keemilised reaktsioonid on nagu tööriistaks, mille abil aatomid ja aatomite rühmitused paigutatakse molekuli vajaliku süsteemi ja korra kohaselt. Ka lihtsaimal keemilisel reaktsioonil on vastavad teoreetilised alused. Ilma nende teoreetiliste aluste tundmiseta ja mõistmiseta kujuneks katsetamine keemias mõttetuks ja plaanituks ainete segamiseks. Seepärast on püütud iga katse kohta tuua lühikene teoreetiline põhjendus. Peame alati meeles, et iga katse jaoks tuleb püstitada eesmärk, igale tähelepanud nähtusele tuleb leida põhjendatud seletus. Ainult sel juhul täidab katsetamine oma ülesande.

Ohutustehnika nõudeid kemikaalidega töötamisel

Töötamisel kemikaalidega on vaja rangelt kinni pidada järgmistest ohutustehnika reeglitest:

1. Pidada meeles, et kõik kemikaalid on suu-remal või vähemal määral mürgised. Seepärast tuleb vältida kemikaalide sattumist naha pinnale, eriti aga siseorganitesse suu ja haavandite kaudu.

2. Kemikaalide omadusi ja kuuluvust ei määrata kunagi maitsmise teel.

3. Kõik kasutatavate kemikaalide pudelid ja purgid olgu varustatud vastavate pealkirjadega. Tuleb meeles pidada, et sildita kemikaalipurk on väärtusetu, mõnikord aga isegi ohtlik teile endale ja teistele.

4. Keemiliste reaktsioonide puhul võib tekkida gaase, seepärast ärge sulgege kunagi tihedalt katseklaasi või kolvi, kuni te pole veendunud, et ei teki gaase. Suletud reaktsiooninõu võib lõhkeda ja põhjustada õnnetuse.

5. Ärge nuusutage täie sõõmuga tundmatuid kemikaale, sest see võib põhjustada mürgitusi. Lõhna määramiseks piisab korgi nuusutamisest või avatud pudelist aurude lehvitamisest käega enda poole.

6. Vältige igasuguste aurude ja gaaside sissehingamist, — kõik nad kahjustavad tervist.

7. Ärge teostage keemilisi reaktsioone, ilma et oleks teada reaktsiooni kulgemise iseloom ja tekki-
vate ainete mõju. Tundmatut reaktsiooni tuleb läbi
viia minimaalsete ainehulkadega ja erilise ettevaa-
tusega.

Esmaabist kemikaalidega töötamisel

1. Naha põletamise korral tulega, kuumade aurudega või kuuma esemega tuleb põletatud kohale asetada piiritusega niisutatud vatitükk. Piirituse aurustumisel tuleb vatitükki uuesti niisutada. Puhta piirituse puudumisel võib kasutada denaturaati. Seejärel katta põletatud koht steriilse sidemega.

2. Naha põletamisel hapetega pesta põletuskohta rikkaliku veekogusega, seejärel aga 5%-se naatriumbikarbonaadi (söögisooda) lahusega. Põletamisel fluorvesinikhappega pesta vigastatud kohta jooksva veega 4—6 tundi. Seejärel asetada põletuskohale 20%-ne magneesiumoksiidi suspensioon glütseriinis.

3. Naha põletamisel leelistega pesta samuti rikkaliku veehulgaga. Vigastatud koht siduda steriilse sidemega.

4. Sööbiva aine sattumisel silma pesta silma veejoaga ja viivitamatult pöörduda arsti poole. Leeliste sattumisel silma tuleb pesta 2%-se boorhappe lahusega, hapete puhul pesta aga 3%-se naatriumbikarbonaadi lahusega.

5. Mürgiste ainete sattumisel seedeorganeisse on vaja esile kutsuda oksendamine ja viivitamatult pöörduda arsti poole.

Kemikaalidega töötamisel tekkinud õnnetusjuhtumite korral tuleb pärast esmaabi andmist tingimata pöörduda arsti poole edasise ravikäigu kindlaksmääramiseks.

Abinõud laboratoorsete tööde teostamiseks

Keemiaalaste katsete teostamiseks on vaja soetada rida laboratooriumitarbeid, milleta katsete teostamine on raskendatud või isegi võimatu. Pika aja vältel on välja kujunenud teatavad tüüpilised laboratoorsed vahendid, mis võimaldavad katseid kõige mugavamini läbi viia. Laboratooriumitarbeid võib osta õppevahendite, laboratooriumitarvete ja Apteekide Peavalitsuse spetsialiseeritud kauplustest. Alljärgnevalt peatume lühidalt tähtsamate laboratoorsete abinõude juures.

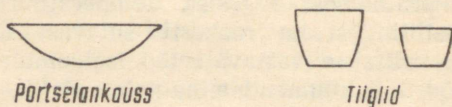
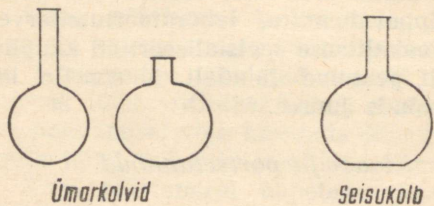
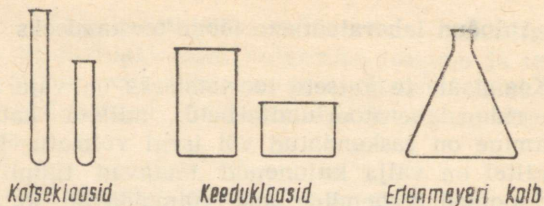
Klaas- ja portselannõud

Laboratoorseid klaasnõusid valmistatakse harilikult laboratoorsest klaasist, temperatuurikindlast klaasiliikidest ja raskesti sulavast klaasist. Klaasiliik valitakse vastavalt töö iseloomule. Lihtsamad tööd, kus kuumendamine pole vajalik, viiakse läbi harilikust klaasist anumates, mõõduka temperatuuri jaoks kasutatakse temperatuurikindlat klaasi, kuna kõrgematel temperatuuridel tuleb kasutada raskestisulavaid klaase. Üle 500-kraadistel temperatuuridel kasutatakse kvartsist valmistatud laboratoorseid nõusid.

Katseklaasid valmistatakse mitmesuguses läbimõõdus ja pikkuses ning erinevatest klaasiliikidest.

Keeduklaasid valmistatakse kõrget ja madalat tüüpi. Mahult toodetakse keeduklaase alates 50 milliliitrist kuni 2 liitriini.

Erlenmeyeri kolvid on koonilise kujuga ja ette nähtud vedeliku keetmiseks, hoidmiseks jm. Neid valmistatakse tavaliselt kuni 2-liitrise mahuga.



Joon. 1. Laboratoorsed klaas- ja portselannõud

Ümarkolvid on ette nähtud reaktsioonide teostamiseks, destilleerimiseks jne. Ümarkolbe valmistatakse pika ja lühikese kaelaga, mahuga 50 milliliitrist kuni 15 liitrini.

Seisukolvid on määratud vedelike hoidmiseks. Kõige sagedamini valmistatakse seisukolbi-dest pritspudeleid destilleeritud vee jaoks.

Fraktsioonkolvid leiavad kasutamist vedelike destilleerimisel. Aurude eraldamiseks on fraktsioonkolvil olemas külgtoru.

Portselankausse kasutatakse vedelike kokkuaurutamiseks. Portselankausside mõõdud antakse nende läbimõõdu järgi sentimeetrites.

Tiiglid on ette nähtud tahkete ainete kuumutamiseks kõrgetel temperatuuridel. Tiigleid toodetakse kõrget ja madalat tüüpi ning erinevate mah-odega. Vajaduse korral võib saada ka portselan-kaanega varustatud tiigleid.

Lihtsamad mõõduriistad

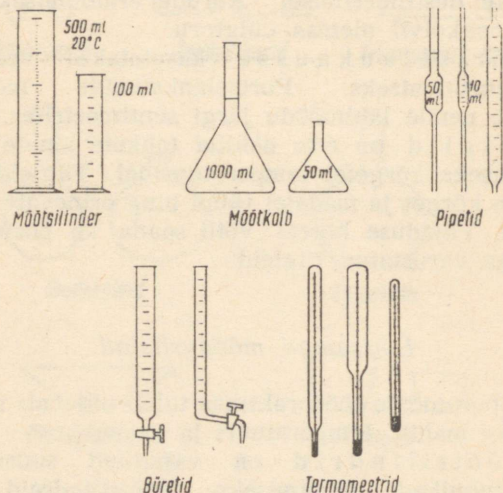
Laboratoorse töö praktikas tuleb pidevalt mõõta vedelike mahtu, temperatuuri ja kaalu.

Mõõtsilindrid on vajalikud suuremate vedelikuhulkade mõõtmiseks. Mõõtsilindreid val-mistatakse lahtist tüüpi ja korgiga varustatult. Tava- liselt toodetakse mõõtsilindreid 100 milliliitrist kuni kahe liitrini.

Mõõtkolvid on määratud lahuste valmista- miseks. Nendele on peale kantud joon, milleni täi- detult mõõtkolb sisaldab temal märgitud hulga vede- likku. Vedeliku maht antakse 20 kraadi juures. Tavaliselt toodetakse mõõtkolbe mahuga 50 milli- liitrist kuni 1 liitrini.

Pipetid on ette nähtud kindla vedelikuhulga täpseks doseerimiseks. Kasutatakse kindla mahuga pipette (2 kuni 100 ml) ja gradueeritud pipette, mis võimaldavad erinevate vedelikuhulkade väljamõõt- mist. Pipett täidetakse vedeliku sisseimemise teel.

Büretid leiavad kasutamist vedeliku doseerimisel mitmesugustes hulkades. Büretid on varustatud klaaskraanidega või erilise kummissulguriga.



Joon. 2. Laboratoorsed mõõtmisvahendid

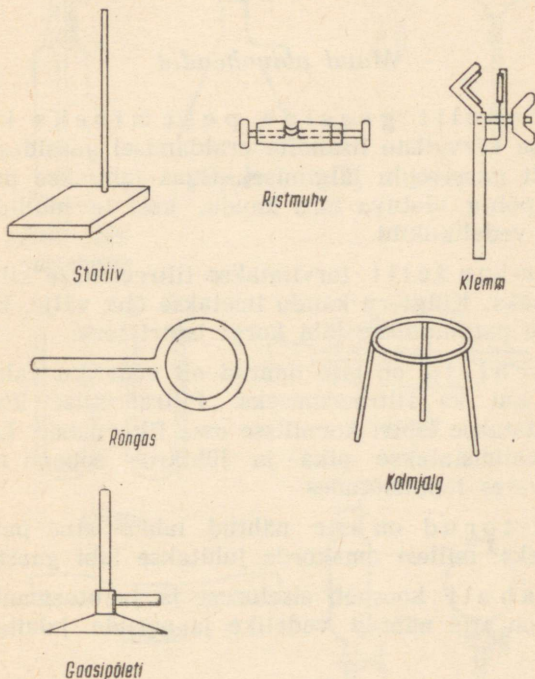
Termomeetrid on vajalikud temperatuuri määramiseks reaktsioonisegudes. Termomeetreid kasutatakse erinevate mõõtpiirkondadega ja kujuga vastavalt tööülesannetele.

Laboratoorsed metallesemed

Statiiv on ette nähtud mitmesuguste seadmete kinnitamiseks aparatuuride ehitamisel.

Ristmuhv kinnitatakse kruvi abil statiivi püstvarda külge. Ristmuhvi teise avasse paigutatakse klemm.

Klemmi abil kinnitatakse kolbe, bürette, torusid jne. statiivi külge.



Joon. 3. Metallist vahendid laboratoorseks tööks

Rõngas on ette nähtud kolvi, kausi ja muude esemete toetamiseks altpoolt. Rõngas kinnitatakse samuti ristmuhvi abil statiivi külge.

Kolmjalg täidab sama ülesannet kui rõngas, kuid on lihtsam, sest pole vaja statiivi kasutada.

Gaasipõleti abil toimub tavaliselt laboratooriumis vajalik kuumutamine. Gaasipõleti võib asendada piirituslambi või elektripliidiga.

Muud abivahendid

Pudelit gaaside pesemiseks kasutatakse kõrvaliste lisandite eraldamisel gaasidest ja samuti gaasivoolu jälgimisel. Gaas juhitakse pudelisse põhja ulatuva toru kaudu, kust ta mullidena läbib vedelikukihi.

Imipudelit tarvitatakse filtreerimise kiirendamiseks. Külgtoru kaudu imetakse õhk välja, kuna avasse paigutatakse läbi korgi lehtri toru.

Lehtrid on ette nähtud nii vedeliku valamiseks kui ka filtreerimiseks. Filtreerimise korral paigutatakse lehtri koonilisse ossa filterpaber. Lehtreid valmistatakse pika ja lühikese sabaga ning erinevates läbimõõtudes.

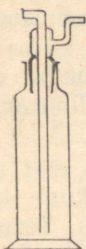
U-torud on ette nähtud tahke aine paigutamiseks, millest omakorda juhitakse läbi gaasi.

Jahuti koosneb sisetorust ja jahutusmantlist ning on ette nähtud vedelike ja aurude jahutamiseks.

Spaatlit kasutatakse tahke aine tõstmiseks.

Tilklehtri abil doseeritakse vedeliku reaktsioonisegusse. Sama abinõu kasutatakse ka kihistunud vedelike eraldamiseks alumise kihi väljalaskmise teel.

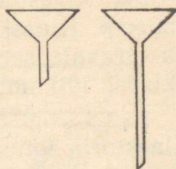
Katseklaaside alus valmistatakse tavaliselt vineerist ja on ette nähtud suurema hulga katseklaaside hoidmiseks püstiasendis.



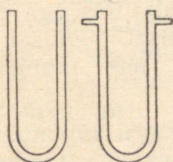
Pudel gaasi pesemiseks



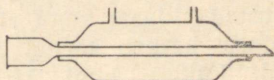
Imipudel



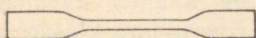
Lehtrid



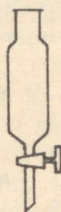
U-toru



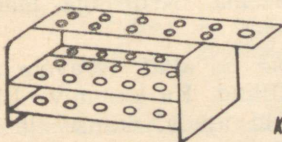
Jahuti



Spaatel



Tilklehter



katseklaaside alus

Joon. 4. Muid abivahendeid laboratoorseks tööks

Klaastoru lõikamine ja painutamine

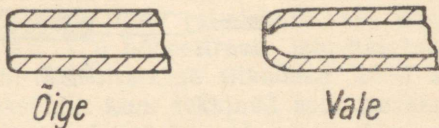
Töötamine keemialaboratooriumis on mõeldamatu ilma klaastorust mitmesuguste esemete valmistamiseta. Klaasi lõikamiseks on vaja kõvast terasest ja teravate servadega eset. Lihtsaimaks vahendiks klaasi lõikamisel on väiksem kolmekandiline viil.

Klaastoru lõikamiseks tõmmatakse viili terava servaga torule mõne millimeetri pikkune kriips. Kriips peab olema risti toru pikiteljega. Toru haaratakse peopesadega mõlemalt poolt kriimustust ja tõmmatakse telje suunas. Klaastoru katkeb kriipsuga märgitud kohast, kusjuures murdejoon on täpselt risti toru teljega. Toru lõikamisel ei tohi kriimustada klaasi kogu ringi ulatuses ega murda. Klaastoru katkeb kergel rebimisel. Selliselt saab edukalt lõigata kuni 10—12 mm läbimõõduga klaastoru.

Suurema läbimõõduga klaastoru lõikamine toimub järgmiselt. Soovitud lõikekohas tõmmatakse torule viiliga lühikene kriips. Kahel pool kriipsu mähitakse toru ümber filterpaberist vööd ja niisutatakse neid veega. Vööde kaugus kavatsetavast lõikekohast on 1—2 mm. Keerutades klaastoru käte vahel kuumutatakse vöödevahelist toruosa võimalikult terava leegiga. Kogu kuumendamise vältel peab klaastoru pidevalt pöörlema. Kriipsuga märgitud kohal toru murdub.

Klaastoru lõikekohad on alati teravate servadega ja käsitsemisel ohtlikud. Ka kummivoolikut ei saa sellisele torule peale ajada, kuna klaasiserv lõikab kummivooliku katki. Teravate servadega klaastoru otsad ümardatakse leegis sulatamise teel. Selleks asetatakse klaastoru ots mõne millimeetri

pikkuselt gaasi- või piirituslambi leeki. Sulatada tuleb ainult senikaua, kuni toru servad ümarduvad. Klaastoru ava ei tohi seejuures kitsamaks sulada (vt. joon. 5).



Joon. 5. Toruotsa ümardamine

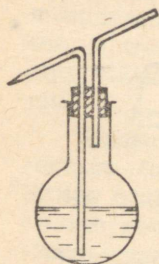
Klaastoru painutamiseks tuleb vastavat kohta leegis kuumutada. Painutatav klaastoru võetakse mõlemast otsast sõrmede vahele ja teda pööratakse kogu kuumutamise vältel ühtlaselt toru telje ümber. Kui toru on muutunud pehmeks, võetakse ta leegist välja ja painutatakse rahulikult vajalikul määral. Painutatava toru läbimõõt peab jääma kogu ulatuses endiseks. Juba esimestel katsetel veendute, et toru läheb painutuskohas lapikuks. See on tingitud liiga lühikesest kuumutamise ulatusest. Parimad



Joon. 6. Kalasaba-otsik
gaasipõletile

paindekohad saadakse toru kuumutamisel paindepiirkonnas 4—5 cm ulatuses. Selleks otstarbeks on sobiv kasutada erilise kalasabataolise otsikuga varustatud gaasipõletit (vt. joon. 6).

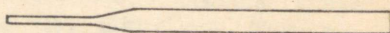
Kasutades niisuguseid lihtsaid võtteid, valmistame endale rea koduses laboratooriumis vajalikke esemeid (vt. joon. 7).



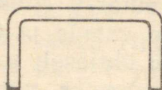
Pesupudel



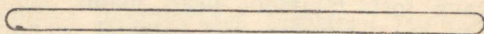
Pipett



Pipett proovi imemiseks



Toru gaasi juhtimiseks

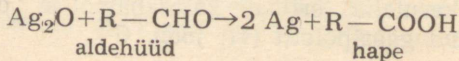


Klaaspulk segamiseks (kinnijoade-
tud otstega klaastoru)

Joon. 7. Lihtsaid omatehtud laboratooriumitarbeid

Klaasi hõbetamine

Klaasi pinna katmine hõbedakihiga põhineb metalse hõbeda taandamisel tema soolast. Tavaliselt kasutatakse hõbeda soolana hõbenitraati (rahvas seas tuntud ka «põrgukivina») ja taandajana mõnd aldehüüdi, näiteks glükoosi (viinamarjasuhkur). Keemiline reaktsioon kulgeb järgmiselt:



Hõbetatavat pinda tuleb hoolikalt pesta kuuma vee ja seebiga, seejärel kroomhappe seguga (saadakse kaaliumdikromaadi lisamisel väävelhappele) ja lõpuks destilleeritud veega. Pestud klaasi hoitakse kuni hõbetamise alguseni destilleeritud vees.

Hõbetamiseks tuleb valmistada kaks lahust.

I l a h u s. 1 g hõbenitraati lahustatakse 5 ml vees ja lahusele lisatakse tilkadena 25% ammoooniumhüdrosüüdi, kuni tekkinud sade peaaegu täielikult lahustub. Õigel lahusel peab olema nõrgalt pruunikas värvus. Valmistatud lahusel lastakse seista, filtreeritakse ja lahjendatakse veega kuni 100 ml.

II l a h u s. 2 g glükoosi ja 2 g seignette'i soola (kaaliumnaatriumtartraat) lahustatakse 20 ml vees. Saadud segu aetakse keema ja seejärel lahjendatakse veega kuni 100 ml.

Klaasi hõbetamiseks võetakse võrdsed osad mõlemast lahusest ja valatakse anumasse, mille seinu tahetakse hõbetada. Kui hõbetatakse muid esemeid, siis valatakse lahused anumasse, kus paiknevad hõbetatavad klaasesemed. Hõbeda kiht sadestub aeglaselt klaasi pinnale.

Ainete puhastamine kristalliseerimise teel

Mitmesuguste soolade tootmisel kas kaevandamise teel maapõuest või mistahes tööstuslikes seadmetes saadakse tavaliselt ebapuhas aine. Keemiliseks analüüsiks ja paljudeks muudeks otstarveteks vajatakse aga puhtaid aineid. Paljude tahkete ainete lihtsaim puhastamismeetod on kristalliseerimine ja ümberkristalliseerimine.

Ainete puhastamine kristalliseerimise teel põhineb omadusel, mille kohaselt paljud ained on võimalised lahustes kristalle moodustama. Igal ainel on

oma iseloomulik kristalli ehitus. Tekkinud kristall on peaaegu puhas aine, kus lisandeid esineb vaid kristallide külge kleepunud lahusena.

Aine puhastamiseks kristalliseerimise teel on eelkõige vaja aine lahustada sobivas lahustajas. Anorgaaniliste soolade puhul on lahustajaks enamikel juhtudel vesi, kuid võidakse kasutada ka teisi lahustajaid, nagu etüülalkoholi, metüülalkoholi jt. Aine lahustamine toimub tavaliselt kuumalt ja valitakse selline lahustaja hulk, et tekiks küllastatud lahus. Küllastatud lahuse all mõistame sellist lahust, kus ainet on lahustunud maksimaalne kogus, mida lahustaja suudab lahustada antud temperatuuril.

Aine esimene puhastamine toimub saadud lahuse filtreerimise teel. Sel teel eraldatakse kõik lisandid, mis ei lahustu. Aine kristalliseerumine küllastatud lahuses võib toimuda mitmesugusel viisil:

1. Kristalliseerumine toimub aine jahtumisel.
2. Kristalliseerumine toimub lahustaja aurustumise teel.

3. Kristalliseerumine toimub aine lisamisel lahustajale, mistõttu viimase lahustamisvõime langeb.

Alljärgnevalt on toodud mõne tavalise soola lahustuvus erinevatel temperatuuridel.

Soola nimetus	Valem	Lahustuvus (grammides 100 g lahustaja kohta)	
		0° C	100° C
Keedusool	NaCl	35,6	39,2
Sooda	Na ₂ CO ₃	6,86	4,45
Booraks	Na ₂ B ₄ O ₇	1,11	52,5
Amooniumsulfaat	(NH ₄) ₂ SO ₄	76,4	102
Kaaliumkloriid	KCl	28,15	56,20

Soolade lahustuvusandmete järgi võime ühtlasi otsustada, millist kristalliseerimismoodust ühel või teisel juhul kasutada. Teeme mõned katsed soolade kristalliseerimiseks.

Lahustame kuumas vees soodat, booraksit või kaalisoola kuni lahustumine veel aset leiab. Nüüd filtreerime kuuma lahuse kiiresti läbi filterpaberi ja jätame seisma Erlenmeyeri kolbi. Soovitav on isoleerida kolb vati või riidega soojuskao vähendamiseks, sest aeglasel jahtumisel tekivad suuremad ja ilusamad kristallid. Pärast kristallide tekkimist filtreerime nad lahusest välja ja kuivatame. Suurema puhtuse saavutamiseks tuleb saadud kristall puhastada ümberkristalliseerimise teel. Selleks tuleb saadud kristallid uuesti vees lahustada ja jahtumisel lasta välja kristalliseeruda. Nagu selgub lahustuvusandmetest, pole keedusoola kristalliseerimine sellisel viisil võimalik, kuna tema lahustuvus kuumas vees vaevalt erineb lahustuvusest 0°C juures. Seepärast tuleb keedusoola kristalliseerimist teostada lahustaja aurustamise teel. Filtreeritud küllastatud keedusoola lahus jäetakse seisma suure auramispinna kaussi (kristallisatsioonikauss). Koos vee auramisega tõuseb keedusoola kontsentratsioon ja ta kristalliseerub lahusest välja.

Võib toimida ka järgmiselt. 50 g jämedat ja musta keedusoola lahustatakse 200 ml vees. Lahus filtreeritakse läbi filterpaberi või vati. Filtraat aurutatakse kuni kolmandikuni algmahust. Aurutada tuleb ettevaatlikult väikesel tulel, sest muidu võib tekkida nõu põhjas ülekuumenemine ja kuum lahus võib pritsida. Lahus jahutatakse ja kristallid filtreeritakse välja.

Keedusoola on hõlpus puhastada, kui filtreeritud küllastatud lahusesse juhitakse gaasilist kloor-

vesinikku. Keedusool on tekkivas soolhappes lahustumatu ja kristalliseerub välja peene kristallmassina.

Ainete puhastamine destilleerimise teel

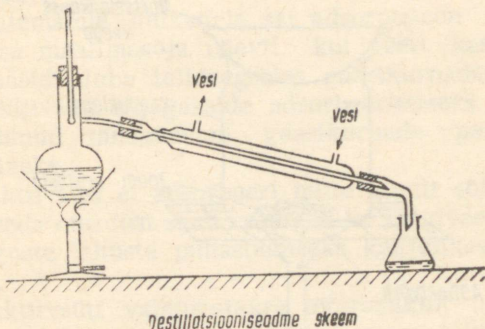
Destilleerimine on tähtsaim meetod vedelate ainete puhastamiseks ja omavaheliseks lahutamiseks. Vedeliku destilleerimine koosneb kahest üksteisega seotud töövõttest: vedeliku aurustamisest ja aurude kondenseerimisest. Laboratoorsetes tingimustes kasutatakse vedeliku aurustamiseks fraktsioonkolbi ja aurude jahutamiseks klaasjahutit. Kolbi kuumutatakse kas gaasipõletiga, piirituslambiga või elektrikeetjaga. Klaasjahuteid valmistatakse mitmesuguses suuruses, kuid lihtsa jahuti võib ise valmistada ka klaastorudest (vt. joon. 8). Fraktsioonkolvist väljuvate aurude temperatuuri kontrollimiseks kasutatakse termomeetrit, kusjuures termomeetri elavhõbeda-reservuaar peab asetsema külgtoru kohal.

Kolbi ei kuumutata kunagi otseleegiga. Kolb asetatakse harilikult plekklehtrisse, millel on alt servadest avatud põhi kuumade gaaside läbipääsemiseks.

Fraktsioonkolb täidetakse kuni $\frac{2}{3}$ tema mahust. Vedeliku ühtlase keemise tagamiseks kolvis asetatakse sinna portselanitükikesed, mis väldivad järskude auruplahvatuste tekkimist.

Lihtsaimaks ja laboratooriumis kõige sagedamini vajalikuks operatsiooniks on destilleeritud vee valmistamine. Selleks destilleeritakse harilikku kaevu- või veevärgivett. Harilikus vees leiduvad soolad ei destilleeru ja seetõttu saadakse puhas vesi.

Destilleerimise teel võib puhastada paljusid aineid, kuid põlevate ja kergesti lenduvate ainete



Joon. 8. Laboratoorne destillatsiooniseade

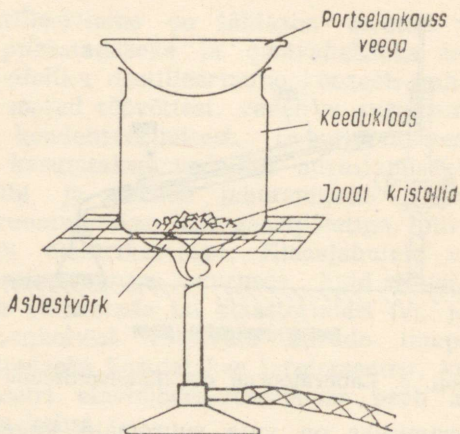
destilleerimiseks on vaja suuremaid kogemusi ja vastavalt varustatud laboratooriume. Seepärast on soovitatav piirduda esialgu destilleeritud vee valmistamisega.

Ainete puhastamine sublimeerimise teel

Paljud tahked ained muutuvad kuumutamisel otseselt gaasilisteks ilma vahepealse vedela olekuta. Sellist nähtust, kus tahke aine otseselt aurustub, nimetatakse sublimateerimiseks.

Sublimatsioon on omane paljudele orgaanilistele ja anorgaanilistele ainetele. Hästi sublimeeruvad paljud elavhõbeda soolad, millest on oma nime-tuse saanud ka elavhõbekloriid ehk sublimateer.

Sublimatsiooni kasutatakse tahkete ainete puhastamiseks lisanditest. Eriti hästi on sublimatsiooni tulemus märgatav alisariini juures, mis tavaliselt on pruunikas pulber, kuid pärast sublimeerimist annab imeilusad punased, nõeljad kristallid.



Joon. 9. Joodi sublimeerimine

Lihtsamates laboratoorses tingimustes on hõlpsaim moodus katsetada joodi sublimeerimisega. Selleks tuleb keeduklaasi põhja paigutada veidi joodi (J_2) ja kaaliumjodiidi (KJ) segu. Keeduklaas katta kolviga või portselankausiga, millesse valada jahutamiseks vett. Kolvi ja keeduklaasi vahele peab jääma kitsas ava aurude ärajuhtimiseks. Kui keeduklaasi asbestvõrgul soojendada, sublimeerub jood lilla auruna ja sadestub kristallidena külma kolvi või kausi põhjale.

Adsorptsioon söega

Tahkete ainete pinnad on võimelised kinni pidama gaase, auruid ja lahustunud aineid. Seda nähtust nimetatakse adsorptsiooniks, ja ta on iseloomulik mõnele ainele nagu süsi, savi, siliko-geel jne.

Laiematele hulkadele sai adsorptsioon tuntuks Esimese maailmasõja päevil, kui võeti kasutusele sõjagaasid. Juba tolleaegsetes gaasikurnades kasutati aktiivsütt sõjagaaside adsorbeerimiseks, ja see on jäänud tänapäevani gaasikurnade peamiseks täiteaineks.

Aktiivsüsi ei adsorbeeri mitte ainult sõjagaase, vaid seda omadust saab kasutada ka joogivee ja mitmesuguste lahuste puhastamiseks kahjulikest lisanditest.

Aktiivsütt valmistatakse tööstuslikult puu- või kondisõe töötlemisel ligi 1000° temperatuuril. Neis tingimuses muutub söe pind urbseks, nii et ühe grammi aktiivsöe pind on mitusada ruutmeetrit. Koduste vahenditega võib valmistada aktiivsütt tavalisest puusöest. Hernetera suurused puusöetükikesed paigutada kaanega kaetud portselantiiglisse ja kuumutada lahtisel tulel veerand tundi. Pärast jahutamist süsi uhmris peenestada. Kuumutamiseega kõrvaldatakse söest veeaurud, süsihappegaas ning muud gaasid ja aurud.

Reostunud vee puhastamiseks võib korraldada järgmise katse. Võtta lõikelilled vaasist 100 ml mõni päev seisnud vett, millel on juures ebameeldiv lõhn ja lisada sellele 10 g puidusütt. Vesi hästi läbi loksutada ja süsi välja filtreerida. Filtraat on kaotanud vastiku lõhna ja on selge värvusega.

Aktiivsütt võib edukalt kasutada ka ebapuhaste alnete ümberkristalliseerimisel. Mõnikord on ümber-

kristalliseeritava aine lahus tumeda värvusega ja ka tekkinud kristallid on määrdunud välimusega. Lisades lahusele veidi aktiivsütt ja lastes seda seista, seondub suur osa lisandeid aktiivsõega ja pärast sõe väljafiltreerimist saadakse puhas lahus, kust kristalliseerimisel tekivad puhtad kristallid.

Ainete lahutamine kromatograafilise adsorptsiooni meetodil

Käesoleva sajandi algul tegi vene botaanik M. Tsvet taime värvainete uurimisel tähtsa avastuse. Kui ta petrooleetriga ekstraheerimisel saadud lehtede ekstrakti filtreeris läbi kriidiga täidetud klaastoru, moodustusid kriidisambal värvilised rõngad, mis samba pesemisel petrooleumiga selgemaks muutusid. Pärast värviliste vöötmete tekkimist lahutas ta kriidisamba vöötmete kaupa üksikosadeks ja saadud värvilistest vöötmetest ekstraheeris metüülalkoholiga taime värvaïne. Nii saadi taime üksikud värvaïne komponendid lahutatud kujul.

M. Tsveti poolt avastatud lahutusmeetod on tänapäeval omandanud hiiglasuure tähtsuse keerukate ainesegude lahutamisel. Tänu selle meetodi rakendamisele on tehtud suur samm edasi paljude keerukate ainete uurimisel. M. Tsvet võrdles seda meetodit valguse lahutamisega spektri osadeks ja nimetas ta «kromatograafiliseks adsorptsiooniks» ehk lühidalt «kromatograafiaks».

Segude lahutamine kromatograafilise adsorptsiooni meetodil põhineb sellel, et adsorptsioonkolonni (kriidiga täidetud toru) ülemised kihid adsorbeerivad algul segust kõige aktiivsemad ained. Vähem aktiivsed komponendid liiguvad mööda samast allapoole ja adsorbeeritakse nende adsorpt-

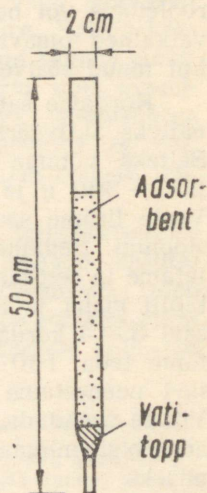
siooniaktiivsuse järjekorras järjest madalamates kih- tides. Nii kujunevadki adsorptsiooniaktiivsuse järgi erinevate ainete vöötmed.

Adsorbendi paigutamiseks kasutatakse altpoolt peenenevat klaastoru (vt. joon. 10). Toru alumisse otsa asetatakse vatitopp ja toruse valatakse adsorbeeriv aine nii, et 8—10 cm toru ülemisest otsast jääks vabaks. Adsorbenti tihendatakse koputamise- ga.

Adsorbendina võib kasutada väga paljusid aineid, nagu kuivatatud savi, sadestatud kriiti, magneesiumoksoüdi, talki, aktiivsütt, silikogeeli jm. Kõige sagedamini kasutatavad adsorbendid on silikogeel, aktiivsüsi ja aktiveeritud savid.

Kromatograafilise adsorptsiooni meetodi katsetamine on lihtne. Selleks on vaja ette valmistada eelpoolkirjeldatud kromatograafiline kolonn. Lahutatavaks aineks valime kas tavalise petrooleumi, ebapuhta bensiini või tärpentiini. Kromatograafilise kolonni täidame sadestatud kriidiga (tavaline hambapulber), koputame täidise tih-

damaks ja valame kolonni ülemisse vabasse ossa petrooleumi või bensiini. Aurumise vältimiseks asetame toru otsa vatitopi. Vedelik imbub pikkamööda täidisesse. Vastavalt vedeliku sisseimbumisele valame kolonni uut vedelikku juurde, nii et täidisepealses toruosas oleks alati vedelikku. Mõne aja möödudes



Joon. 10.
Kolonn ainete
kromatograafi-
liseks lahuta-
miseks

hakkab kolonni alumisest otsast tilkuma peaaegu värvitut ja nõrga lõhnaga vedelikku. Kogume vedeliku pudelisse ja olemegi sel teel saanud puhast bensiini või petrooleumi.

Antud juhul leiab aset süsivesiniku segust eba-puhaste komponentide eraldamine seetõttu, et petrooleumis või bensiinis esinevad tumedavärvilised vaikained omavad suuremat adsorptsiooniaktiivsust kui muud süsivesinikud.

Kordame sama katset mõne teise adsorbendiga, näiteks aktiveeritud saviga. Savi aktiveerime ise. Selleks võtame tavalist savi (ilma liivata) umbes 250—300 g ja suspendeerime teda 2 liitris vees. Veele lisame soolhapet kuni selge happelise reaktsioonini. Segame savi suspensiooni hästi läbi ja jätame ta settima. Pärast settimist kallame vee savikihilt maha ja asendame puhta veega. Nii peseme savi 3—4 korda. Lõpuks filtreerime savi ja kuivatame teda 150—200 kraadi juures. Kuivatatud savi peenestame ja asetame adsorptsioonikolonni. Võime veenduda, et aktiveeritud savil on väga head adsorptsiooniomadused süsivesiniksegude puhastamiseks.

Igast adsorbendist saab läbi filtreerida ainult niipalju lahutatavat ainet, kuipalju antud adsorbent jõuab segust adsorbeerida. Seepärast võime tähele panna, et mõne aja möödudes hakkab kolonnist tilkuma lähteainet meenutavat kollast bensiini või petrooleumi. See näitab, et adsorbent on küllastunud ja tuleb asendada uuega.

Bensiini või petrooleumi filtreerimisel läbi adsorbendikihi tuleb silmas pidada tuleohutuse nõudeid ja vältida lahtist leeki. Teatavate kogemuste omandamisel võib kromatograafilise adsorptsiooni meetodit kasutada edukalt paljude ainete puhastami-

seks ja lahutamiseks. Huvitav on korrata ka M. Tsveti katset lehtede värvaine lahutamiseks koostisosadeks.

Madalate temperatuuride saamine

Laboratoorse töö praktikas on väga sagedasti tarvis kasutada madalaid temperatuure. Paljud keemilised reaktsioonid kulgevad soovitud suunas ainult madalate temperatuuride juures. Terve hulk keemilisi reaktsioone kulgeb aga tuntava soojushulga eraldumisega (eksotermilised reaktsioonid) ja neil juhtudel on vaja soojus jahutamise teel eemale juhtida.

Lihtsaimaks võtteks madalate temperatuuride saamiseks on jää (lume) ja soolade segude kasutamine. Vajaliku temperatuuri saavutamiseks tuleb hästi peenestatud jääd või lund segada soolaga õiges vahekorras. Mõned andmed jahutussegude kohta on toodud järgnevas tabelis.

Soola nimetus	Valem	Soola hulk grammides 100 g jää (lume) kohta ja saavutatav temperatuur (C)	
Keedusool	NaCl	33	— 21,2°
Salmiaak	NH ₄ Cl	25	— 15,8°
Salpeeter	NaNO ₃	59	— 18,5°
Kaltsiumkloriid	CaCl ₂ ·6H ₂ O	143	— 55°
Ammooniumsalpeeter	NH ₄ NO ₃	45	— 17,3°

Jahutussegude valmistamiseks on kõige sobivam kasutada puust anum, näiteks tavalist saunakappa. Puust anum juhib halvasti soojust ja jahutussegu säilib seal kauem. Samuti on puust anum vastupidavam ega roosteta.

Lahused

Eelmistes katsetes on käsitletud mõisteid nagu lahused, lahustuvus, kontsentratsioon jne. Alljärgnevalt püüame neid mõisteid lähemalt selgitada.

Kui esineb kahest komponendist koosnev süsteem, millest üks komponent moodustab keskkonna ja teine komponent on selles keskkonnas pihustatud, s. o. jaotunud väikeste osakestena, siis nimetatakse sellist süsteemi hiibseks (pihustatud) ehk sagedamini dispersseks süsteemiks. Taoliste süsteemide moodustamiseks võib olla väga palju kombinatsioone. Võttes süsteemide aluseks ainult aine agregaatolekud (gaasiline, vedel ja tahke), saame juba 9 süsteemi. Näiteks udu on gaasis disperseerunud vesi, suits on gaasis disperseerunud tahmaosakesed, karastavates jookides on suhkruvees lahustunud süsihappegaas, metallides on lahustunud gaase jne. Kui neid süsteeme vaadelda mitte aine agregaatoleku, vaid erinevate ainete kombinatsioonide seisukohalt, siis tõuseb süsteemide hulk määratu suureks.

Disperssete süsteemide jaotuse kolmandaks iseloomustuseks võib olla pihustatud komponendi dispersiooni ehk peenestamise aste.

Kui puistata veega täidetud keeduklaasi peent liiva, sadeneb liiv kiiresti klaasi põhja ja vedelik selgineb ruttu. Aineosakesed on nii rasked, et langevad kiiresti keskkonnast välja. Taolisi süsteeme nimetatakse heljumiteks.

Kui puistata veega täidetud keeduklaasi peent savitolmu, ei lange tahke aine osakesed põhja, vaid jäävad vette hõljuma. Vesi selgub tihtipeale alles mõne päeva pärast. Antud juhul on aineosakesed palju väiksemad kui eelmises näites.

Kui puistata vette suhkrut või keedusoola, lahustub tahke aine täielikult vees, ega sadestu

enam välja. Lahustatud komponent on pihustatud molekulidena või ioonidena, mis paiknevad lahustaja molekulide vahele. Viimast süsteemi nimetatakse ehtsaks, molekulaarseks ehk pärislahuseks. Üldise keemia kursuses nimetatakse taolist süsteemi lihtsalt lahuseks, millise nimetuse juurde jääme ka käesolevas raamatus. Antud süsteemidest käsitleme edaspidi ainult lahuseid. Lahustuvus on õieti väga individuaalne omadus: suhkur lahustub vees, kuid ei lahustu alkoholis, bensoolis ega teistes orgaanilistes lahustajates. Naftaliin aga lahustub orgaanilistes lahustajates, olles vees lahustumatu. Mõningad soolad on teatud piirides vees hästi lahustuvad, nagu keedusool, vasevitriol jne. Teised soolad lahustuvad vees väga vähesel määral, nagu baariumsulfaat, hõbekloriid jne. Piiritus ja vesi segunevad teineteisega igas vahekorras, vesi ja eeter lahustuvad teineteises piiratud ulatuses, kuna vesi ja bensiin on teineteises praktiliselt lahustumatud. Üksikute ainete lahustuvused ja vastastikused suhted on antud vastavates käsiraamatutes, mistõttu me neil pikemalt ei peatu. Alljärgnevalt vaatleme ainult mõningaid lahustumise näiteid.

Vee ja bensiini segamine

Katseklaasi valada veidi vett ja lisada sellele bensiini. Katseklaasi loksutades segunevad algul mõlemad vedelikud, kuid eralduvad kiiresti erinevateks kihtideks. Praktiliselt võime neid lugeda üksteises lahustumatuteks, kuigi nad vähesel määral siiski lahustuvad. Eraldatud veekiht lõhnab nõrgalt bensiini järele, mis tõestab, et väikene osa bensiinist lahustub ka vees.

Ruumala muutus vedelike segamisel

Vedelikkude lahustamisel on tekkinud vedeliku maht tavaliselt võrdne segatavate komponentide üldmahuga. Huvitaval kombel esineb aga piirituse ja vee segamisel mahu vähenemine.

K a t s e

Mõõta pipetiga täpselt 25 ml piiritust ja lasta see voolata 50 ml mõõtkolbi. Võtta pipetiga sama hulk vett ja lisada samasse mõõtkolbi. Kuni vedelikud pole veel segunenud, on mõõtkolb täidetud mõõtekriipsuni. Sulgeda mõõtkolb korgiga ja kolvi sisu läbi segada. Pärast segamist on näha, et vedeliku tase on allpool mõõtekriipsu. Vedelikkude molekulid on tunginud nagu üksteise sisse ja kogusummas on üldmaht vähenenud. Sellest tuleb järeldada, et vedelike segamine on päris keerukas toiming.

Soojusefektid lahustumisel

Lahustades tahket seebikivi vees, märkame lahuse tunduvat soojenemist. Kui väävelhapet veega lahjendada, siis on soojuse eraldumine veelgi suurem. Seepärast võib väävelhapet ainult pidevalt segades ettevaatlikult veele lisada. Sealjuures toimub nii intensiivne lahuse soojenemine, et lahustamist võib teostada ainult kuumuskindlast klaasist või pliivoodriga nõus. Niisugust soojusefekti nimetatakse lahustumissoojuseks, mille suurus on erinevatel ainetel erinev.

Kuid samuti esineb ka vastupidiseid nähtusi. Mõne aine lahustumisel vees lahus jahub. Fotoama-

töörid on seda nähtust kinniti valmistamisel kindlasti tähele pannud. Naatriumhüposulfitit vees lahustades on märgata nõu külmenemist. Sama nähtus esineb ka mitmete teiste soolade lahustumisel vees. Ka seda nähtust nimetatakse lahustumissoojuseks, kusjuures soojusefekt on negatiivne. Praktilist kasutamist leiab see nähtus mitmesuguste külmutussegude valmistamisel.

Lahuste valmistamine

Aine hulka, mida sisaldab lahuse ruumala ühik või lahustaja teatav kaaluühik, nimetatakse lahuse kontsentratsiooniks. Kontsentratsiooni väljendusviisid on mitmesugused. Tehniliseks otstarbeks kasutatavaid lahuseid väljendatakse protsentides kas lahustaja kaalu või mahu järgi.

Valmistades näiteks 25%-list naatriumhüposulfiti lahust, kaalume 250 g tahket ainet lahustamisnõusse ja lisame ligikaudu niipalju vett, et üldmaht jääks alla liitri. Kui aine on lahustunud, siis lisame niipalju vett, et lahuse hulk oleks täpselt liiter — see on 25%-line naatriumhüposulfiti lahus mahuprotsentides. Sellised lahused valmistatakse tavaliselt mõõtkolbides, millede maht on kriipsukesega märgitud klaasnõu kaelale.

25%-list lahust võib ka teisiti valmistada. Kaalutakse 250 g tahket ainet lahustamisnõusse ja sellele lisatakse 750 g vett. Lahuse üldkaal oleks 1 kg ja saame 25%-lise lahuse kaaluprotsentides.

Nagu arvata võib, ei ole nende lahuste kontsentratsioonid võrdsed ja seepärast peab tehniliste lahuste juures alati kindlaks tegema, mille suhtes on lahustunud aine protsentuaalne koosseis võetud. Üldiselt väljendatakse kontsentratsiooni rohkem mahuprotsentides.

Keemia praktikas on tarvilusel teised kontsentratsiooni väljendusviisid. Lahustatud aine hulka väljendatakse gramm-molekulide või gramm-ekvivalentide arvuga. Gramm-molekul ehk mool on aine hulk grammides, mis arvuviselt võrdub antud aine molekulaaluga. Lahust, mis sisaldab ühe gramm-molekuli ainet liitris, nimetatakse molaarseks. Kui lahus sisaldab liitris ühe gramm-ekvivalenti ainet, siis nimetatakse lahust normaalseks.

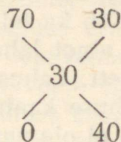
Nagu edaspidi näeme, lihtsustab normaallahustega töötamine tunduvalt analüütilise keemia arvutusi.

Lahuste lahjendamine

Lahuste valmistamisel esineb sageli juhtumeid, kus teatud kontsentratsiooniga lahuste valmistamisel ei ole lähteaineks mitte puhas aine, vaid lahused, milledest tuleb valmistada kangemaid või lahjemaids lahuseid. Segatavate ainete vahekord leitakse kergesti nn. segamisreegli abil, mis kujutab endast arvutamise skeemi ja väldib keerukaid arvutusi.

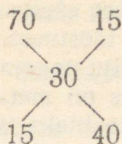
Näited:

1. Valmistada 70%-lisest (mahuprotsentides) lahusest ja veest (0%-line lahus) 30%-line lahus.



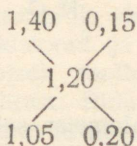
Tuleb võtta 30 mahuühikut 70%-list lahust ja 40 mahuühikut vett.

2. Valmistada 70%-lisest (kaaluprotsentides) lahusest ja 15%-lisest lahusest 30%-line lahus.



Tuleb võtta 70%-list lahust 15 kaaluühikut ja 15%-list lahust 40 kaaluühikut.

3. Valmistada lahusest erikaaluga 1,40 ja lahusest erikaaluga 1,05 lahust, mille erikaal on 1,20.



Tuleb võtta lahust erikaaluga 1,40 15 kaaluühikut ja lahust erikaaluga 1,05 20 kaaluühikut.

Toodud näited selgitavad juba ise segamisreegli. Vasakule kirjutame võetud lahuste kontsentratsioonid ja keskele soovitava kontsentratsiooni pärast segamist. Diagonaalide otstes olevate arvude summa või vahe peab andma diagonaalide ristumiskohas oleva arvu.

Ülaltoodud reegel ei kehti lahuste kohta, millede segamisel toimub mahu vähenemine. Näiteks piirituse ja vee segamisel ei saa seda reeglit kasutada.

Happed ja alused

Oksüüdide ehk hapendite ühinemisel veega tekiavad uued ühendite grupid — happed ja alused. Neid ühendeid tunti tööstuses juba keskajal, mil keemia teadusena oli alles lapsekingades. Nii happed kui alused on kõige tähtsamad keemiatööstuse poolpro-

Hapete toime metallidele

Soolhape

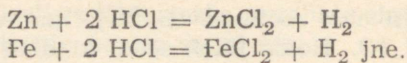
Müügil olev soolhape on 28%-line, erikaaluga 1,14 — 1,19. Hoida tuleb seda kindlalt korgitud pudelis, kuna soolhape on kergesti lenduv. Kui kontsentreeritud happe pudelilt kork eemaldada, tõusevad pudelist terava lõhnaga valged aurud, mis on iseloomulikud soolhappele.

Paigutame katseklaasi metallilaaste või metallipuru. Kui valada laastudele soolhapet, on kohe märgata energilist reaktsiooni ja vesiniku eraldumist. Metallide lahustamisel soolhappes võime tähele panna huvitavat nähtust. Rida metalle (alumiinium, tsink, raud jt.) lahustuvad hästi soolhappes, seevastu näiteks vask soolhappes ei lahustu. Sama kehtib ka kulla ja plaatina kohta. Metallid paigutatakse tavaliselt nn. pingeritta järgmiselt:

kaalium	—	K
kaltsium	—	Ca
alumiinium	—	Al
tsink	—	Zn
raud	—	Fe
nikkel	—	Ni
tina	—	Sn
plii	—	Pb
vesinik	—	H
vask	—	Cu
hõbe	—	Ag
kuld	—	Au

Pingereas kehtib seaduspärasus, et iga reas ülalpool olev metall tõrjub allpool oleva tema ühendeist välja. Kuna vesinikku võime leppeliselt vaadelda

pingerea ühe liikmena, siis tõrjuvad kõik metallid, mis asuvad vesinikust ülalpool, vesiniku happest välja ja moodustavad vastava soola, näiteks:



Metallid, mis paiknevad pingereas vesinikust allpool, ei saa samal põhjusel happes lahustuda, kuna nad pole võimelised vesinikku välja tõrjuma.

Lämmastikhape

Tavaline kontsentreeritud lämmastikhape on 60%-line (erikaal 1,37) vesilahus. Lämmastikhappega töötades on nõutav väga hea ventilatsioon. Kodustes tingimustes võib katseid teostada ainult õues, sest eralduvad pruunid aurud — lämmastikoksüüdid — on väga mürgised. Mitte ainult silmi ja hingamisorganeid, vaid ka nahka tuleb kaitsta lämmastikhappe aurude eest. Käenahk värvub lämmastikhappe või selle aurude mõjul tumepruuniks. See värvus kaob alles mitme päeva jooksul naha kuludes.

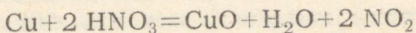
Keemiliselt iseloomustavad lämmastikhapet tugevad oksüdeerivad omadused, mille tõttu metallide lahustumisel ei teki vaba vesinikku, vaid reaktsioonid on palju keerulisemad.

Valmistada lämmastikhappe lahjendatud lahus 1 : 2 (1 osa lämmastikhapet + 2 osa vett). Kahte katseklaasi paigutada metallilaaste. Ühte katseklaasi valada kontsentreeritud hapet, teise lahjendatud hapet. Hoiduda aurude sissehingamisest! Algab reaktsioon gaaside eraldumisega, mis on värvuselt pruunid ja ei põle (katse põleva tikuga). Kuna metallid reageerivad lämmastikhappega erinevalt, vaatleme iga metalli eraldi.

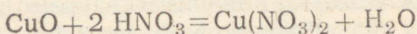
Katse vase ja tsingiga

Kontsentreeritud happe toimel eraldub paks pruun aur — lämmastikdioksüüd NO_2 . Lahjendatud happega ei toimu reaktsioon nii energiliselt ja eralduvad gaasid ei ole nii pruunid kui teises katseklaasis. Reaktsioon kulgeb lämmastikoksüüdi eraldumisega (NO).

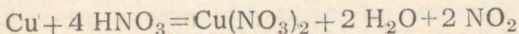
Kontsentreeritud happega kulgeb reaktsioon õieti kahes järgus. Algul lämmastikhape kul tugev oksüdeerija muudab vase vaskoksüüdiks:



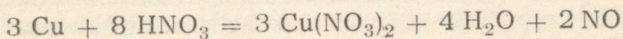
Tekkinud vaskoksüüd reageerib lämmastikhappe liiaga ja saame



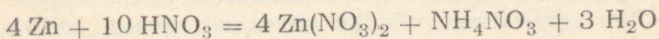
Neid kaht reaktsiooni kokku võttes võime kirjutada:



Lahjendatud happe toimel võime lõppreaktsiooni kujutada järgmiselt:



Lämmastikhappe toimel tsingisse, kui hapet veelgi lahjendada veega, võib tsingi lahustumine toimuda isegi gaaside eraldumiseta. Tsink on nii tugev taandaja, et redutseerib lämmastikhappe ammoniaagiks, mis lämmastikhappega reageerides annab ammooniumnitraadi:



Katse rauaga

Katseklaasis, milles on lahjendatud lämmastikhape ja rauapuru, toimub tormiline reaktsioon pruunide aurude eraldumisega. Katseklaasis, kus rauapurule on lisatud kontsentreeritud hapet, ei toimu aga reaktsiooni üldse. Kui lisada katseklaasi veidi vett, algab mõne aja pärast sealgi reaktsioon. Kontsentreeritud hape muutis raua pinna passiivseks edaspidisele happe mõjule. Alles happe lahjendamisel võis toimuda reaktsioon. Terasel puhul tuleb mainida, et antud reaktsioonid toimuvad ainult tavalise süsinikterase juures. Kroomi lisandiga terased (nn. legeeritud terased) lahustuvad raskemini ja teatud kroomisisaldusest alates (ca 10%) ei lahustu üldse lämmastikhappes. Nii on meile tuntud rooste- vaba teras vastupidav lämmastikhappele ja soolhappele, kuna väävelhappes on see teras lahustuv.

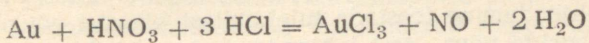
Katse kullaga

Kuldeseme esimeseks lihtsaimaks prooviks on selle lahustumise katsetamine lämmastikhappes. Pipetiga panna paar tilka lämmastikhapet (veel parem kuuma hapet) kuldesemele ja vaskplekile. On märgata, kuidas vaskplekil algab reaktsioon gaasi eraldumisega ja tilk värvub roheliseks. Kuldesemeil ei teki reaktsiooni isegi madalate kullaproovide juures.

Kuningvesi

Väärismetallide kulla ja plaatina lahustamiseks on siiski võimalusi. Segades kontsentreeritud soolhapet ja lämmastikhapet vahekorras 3 : 1 saame väga agressiivse vedeliku nn. «kuningvee», milles

lahustuvad kuld ja plaatina. Kuningvee suur oksüdatsioonivõime on tingitud eralduvast kloorist, mis reageerib isegi kulla ja plaatinaga:



Vase söövitamine lämmastikhappega

Lämmastikhape on parim lahustaja vasele ja vase sulamitele. Seda asjaolu kasutatakse mitmes graafilise töö tehnikas. Vaskplaat kaetakse vaha, parafiini, laki või mõne muu happekindla kihiga. Vastav joonis kraabitakse happekindlasse kihti nii, et paljastub puhas metall. Kui töödelda plaati lämmastikhappega, lahustub vask paljastunud kohtadel ja plaadile tekib soovitud joonis.

Väävelhape

Müügil on väävelhapet mitmeks otstarbeks ja mitmesuguses kanguses. Puhtamaid sorte kasutatakse reaktiivina ja pliiakumulaatori elektrolüüdi valmistamiseks nn. akumulaatorhappena. Nende hapete kontsentratsioon on 92—96° ja erikaal 1,83—1,84. Puhtal kujul on ta värvitu vedelik, tehniliseks otstarbeks kasutatav väävelhape on pruunikas. Kuna väävelhape on raskesti lenduv vedelik, siis võib katseid väävelhappega sooritada toas. Happe kasutamisel ja ümbervalamisel tuleb olla väga ettevaatlik, sest väävelhape söövitab nahka ja riiletele sattunud pritsmed hävitavad riide. Väävelhappe sööbimishaavad paranevad väga visalt ja jäta-
vad järele suured armid.

Katse metallide lahustamiseks väävelhappes

Valmistada väävelhappe lahjendatud lahus 1 : 4. Lahjendamine teostada tulekindlast klaasist või pliivoodriga nõus, sest lahjendamisel muutub segu nii kuumaks, et võib lõhkuda tavalise klaasnõu ja tekitada õnnetusi. Lahjendamisel kinni pidada eeskirjast, et ennem valatakse klaasi vesi, millele väikeste hulkadena pidevalt segades hape peale valatakse. Mitte valada vett kontsentreeritud väävelhappele!

Kahte katseklaasi paigutada metallilaaste. Ühte katseklaasi valada laastudele jahtunud lahjendatud hapet, teise katseklaasi kontsentreeritud hapet.

Katse tsingi ja rauaga

Lahjendatud happe ja tsingi või raua vahel algab energiline reaktsioon vesiniku eraldumisega:



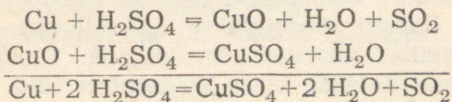
Pingereas vesinikust ülalpool olevad metallid tõrjuvad happest välja vaba vesiniku.

Kontsentreeritud happe toimel reaktsiooni ei teki. Kui katseklaasi kergelt kuumutada, algab reaktsioon tsingiga, kuid raud ei reageeri ka kuumutamise puhul. Raud muutub kontsentreeritud väävelhappe toimel passiivseks. See võimaldab kontsentreeritud väävelhapet transportida terasnõudes. Raudteel toimub väävelhappe vedu tavalistes teras-sisternides.

Katse vasega

Vask asub teatavasti pingereas vesinikust allpool ja tema reageerimine väävelhappele on ka erinev eelmistest metallidest. Lahjendatud happe toimel ei teki reaktsiooni. Kontsentreeritud happega algab reaktsioon siis, kui katseklaasi ettevaatlikult kuumutada. Eralduvas gaasis on tunda väävli põletamisele iseloomulikku väävlisgaasi (SO_2) lõhna.

Vase lahustumisel kulgevad reaktsioonid:



Nagu ülaltoodust selgub, on kontsentreeritud väävelhappel oksüdeerivaid omadusi. Reaktsioon toimub kahes järgus: algul oksüdeerub vask ja edasi reageerib vaskoksüüd väävelhappe liiaga, muutudes vasksulfaadiks.

Samasuguselt toimub reaktsioon ka kõigi teiste pingereas vesinikust allpool asuvate metallidega. Erandi moodustavad jällegi väärismetallid kuld ja plaatina, mis on väävelhappes lahustumatud.

Katse pliiga

Erinev on väävelhappe toime pliile. Lahjendatud väävelhappega plii reageerib, tekitades valge soola PbSO_4 , pliisulfaadi. See soolakiht kaitseb metalli edaspidise lahustumise eest ja plii on lahustumatu väävelhappes, kuni happe kontsentratsioon ei ületa 80%. Sellepärast kasutatakse pliivoodriga nõusid kõikjal, kus happe kontsentratsioon ei tõuse liiga kõrgele. Varem kasutati väävelhappe tootmisel nn. pliikambrimeetodit, kus reaktsioonikambri sei-

nad olid kaetud pliiga. Sel meetodil saadud väävelhape oli 75—80%-line. Kõrgema kontsentratsiooniga kuumas väävelhappes PbSO_4 lahustub. Teostage katsed plii lahustamiseks lahja ja kontsentreeritud väävelhappega.

Väävelhappe vett absorbeeriv toime

Kontsentreeritud väävelhape absorbeerib niiskust. Seda omadust kasutatakse keemias gaaside kuivatamiseks. Samuti kasutatakse väävelhapet koduses majapidamises niiskuse kõrvaldajana. Topeltakende vahele paigutatakse klaas kontsentreeritud väävelhappega (klaas on täidetud umbes kolmandiku mahuni). Väävelhape absorbeerib akende vahel tekkinud niiskuse ja kevadel võib märgata, kuidas niiskusest tekkinud vesi on täitnud klaasi.

Väävelhappe vettsiduvad omadused on niivõrd tugevad, et ta ei seo mitte ainult gaasides olevat vett, vaid seob ka ühendites olevat keemiliselt seotud vett.

Väävelhappe toime paberile

Lahjendatud väävelhappega (1:3) kirjutatakse puupulga abil paberile. Kui paberit kuumutamise ja kuivatada, söestuvad väävelhappega niisutatud kohad ja paberile jääb must kiri valgel põhjal.

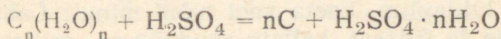
Väävelhappe toime riidele

Linasele või puuvillasele riidetükile tilgutada ettevaatlikult kontsentreeritud väävelhapet. Happega niisutatud kohad muutuvad algul kollaseks ja hiljem mustaks. Kui happest mustunud kohta puu-

datada, siis riie laguneb ja happega määratud kohale jääb auk. Sellepärast tuleb hapetega töötamisel hoiduda, et riinetele ei satuks happepiisku. Kui neid kohe veega maha ei pesta, söestuvad happega kokku puutunud kohad.

Paber, puuvill, linane riie, tärklis, suhkur jt. kuuluvad ühendite klassi, mida nimetatakse süsivesikuteks ehk süsinikhüdraatideks. Süsinikhüdraatides on vesinik ja hapnik alati samas vahekorras kui vees (H_2O). Süsivesikute üldine valem on $C_n(H_2O)_n$, mis oleks nagu söe ühend veega.

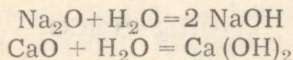
Väävelhappe mõjul toimub nendega järgmine protsess:



Loomse päritoluga materjalide puhul (villane riie) ei toimu see protsess nii intensiivselt, kuid ka neid materjale hävitab väävelhape.

Alused

Eespool vaatlesime aluseid, mis tekkisid metallide oksüüdide ühinemisel veega:



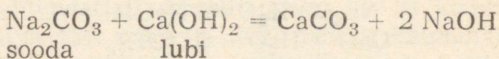
Aluseid, mis lahustuvad hästi vees, nagu KOH (kaaliumhüdroksüüd) ja NaOH (naatriumhüdroksüüd), nimetatakse leelisteks. Nende sööbiva toime tõttu nahale nimetatakse neid veel sööbeleelisteks. Naatriumhüdroksüüd on perenaistele hästi tuntud kemikaal seebi keetmisel — protsess, mida hiljem vaatleme üksikasjalisemalt. Sellest on tuletatud naatriumhüdroksüüdi rahvapärane nimetus — seebikivi.

Naatriumhüdroksüüdi valmistamine

Naatriumhüdroksüüdi kasutatakse suurtes hulkaades seebi-, õli- ja värvitööstustes. Varem valmistati teda sooda ja lubja vastastikusel reageerimisel. See on protsess, mis seebikivi tootmisel pole tänapäevalgi oma tähtsust kaotanud. Käesoleval ajal valmistatakse leelisi peamiselt kloriididest elektrolüüsi teel.

Portselankausis lahustada 10 g pesusoodat (Na_2CO_3) 100g vees ja kuumutada lahust keemiseni. Samal ajal teises nõus segada 10 g põletatud lubja (CaO) vähese veega pudruks. Keevale soodalahusele lisada väikeste annustena lubjapiima. Kui on lisatud kogu lubjapiim, keeta veel mõni minut. Lahus filtreerida ja filtraat kallata raudnõusse, milles lahus aurutatakse kuivaks. Lõpupoole aurutada eriti ettevaatlikult, et pooltahke aine välja ei pritsiks (tuleb kasutada kaitseprille!). Kui vesi on auranud, siis kuumutada edasi aine sulamiseni. Peale hangumist jääb raudnõu põhja tahke naatriumhüdroksüüd. Tingituna raua lisandist on ta värvunud pisut pruunikaks või rohekaks.

Naatriumhüdroksüüdi valmistamisel kulgeb reaktsioon järgmiselt:



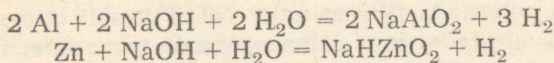
Kaltsiumkarbonaat (CaCO_3) on vees ja seebikivi lahuses lahustumatu ning sadestub põhja. Filtreerides kõrvaldame liigse lubja ja kaltsiumkarbonaadi, jättes filtraati naatriumhüdroksüüdi lahuse. Selle kuivaksauramisel saamegi seebikivi. Muidugi ei ole sel viisil saadud seebikivi täiesti puhas, vaid sisaldab soodat ja kaltsiumiühendeid, kuid ta on täiesti sobiv seebi keetmiseks.

Seebikivi toime riitele

Katseklaasidesse paigutada linase, puuvillase ja villase riide tükikesi, millele peale valada kanget seebikivilahust. Mõne minuti pärast on märgata villase riide lagunemist, kuna linane ja puuvillane riie ei muutu. Riidetükikesi katseklaasidest välja võttes ja neid hoolega vees loputades võime märgata, et linane ja puuvillane riie on oma tugevuse säilitanud. Sellest nähtub, et taimsed kiudained on vastupidavad leeliste toimele, kuna loomse päritoluga kiudaine laguneb. Happed aga lõhuvad taimse päritoluga kiudaineid kiiremini kui loomse päritoluga aineid, nagu me eespool nägime.

Leeliste toime metallidele

Katseklaasidesse puistata alumiiniumi-, tsingi- ja raualaaste. Kui metallilaastudele lisada kontsentreeritud seebikivi lahust (umbes 30%), toimub alumiiniumi ja tsingiga energiline reaktsioon, kusjuures eraldub gaasi. Põlevat tikku katseklaasi lahuse otsa juures hoides näeme, et eralduv gaas põleb. See põlevgaas võib olla ainult vesinik. Raualaastudele leelis ei mõju. Samuti on leelistele vastupidavad ka teised metallid. Käesoleval juhul kulgeb reaktsioon järgmiselt:



Leeliste toimel moodustavad alumiinium ja tsink vastavad soolad — aluminaadid ja tsinkaadid.

Soolade saamine

Eespool nägime, et happe molekul sisaldas vesinikku ja happejääki ning aluse molekul metalli ja hüdroksüülrühma. Soola molekul koosneb aluse metallist ja happejäägist (näiteks keedusool NaCl, vasksulfaat või vasevitriol CuSO_4 jne.). Soolade saamiseks on väga palju võimalusi. Lähemalt vaatleme neist järgmisi:

1. Metallilahustumisel happes (väljatõrjumisreaktsioon).

2. Happe ja aluse vastastikusel toimel (neutralisatsioon).

3. Soola reaktsioonil teise soolaga (asendusreaktsioon).

Soola tekkimine metallilahustumisel happes

Eelmistes katsetes tutvusime hapete toimega metallidele ja leidsime, et mitmed happed reageerisid metallidega. Lahustades metalli jäägitult happes, olemegi saanud soola lahuse happes.

K a t s e

10 g tsingitükikesi paigutada keeduklaasi ja lisada 30 ml lahjendatud väävelhapet (1 : 3). Kui keeduklaasi nõrgalt soojendada, lahustub tsink pea-aegu täielikult. Kui lahusest ei eraldu enam vesiniku mulle, on reaktsioon lõppenud ja lahustuleb puhastada filtreerimise teel. Filtraati ettevaatlikult aurutada, kuni lahuse pinnale tekib kile. Siis lõpetada kuumutamine ja lasta lahusel jahtuda. Jahustumisel tekivad lahuses valged kristallid. Moodustunud kristallid filtreerida ja kuivatada filterpaberi vahel. Kui soovitakse puhtamaid kristalle, siis

lahustada saadud kristallid väheses destilleeritud vees ja korrata aurutamist, jahutamist ja filtreerimist.

Käesoleval juhul tekkis tsinksulfaat järgmise reaktsiooni teel:



Nii saadud soola ei väljenda valem ZnSO_4 , vaid $\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$. Järelikult ei kristalliseeru antud sool mitte puhta ühendina, vaid koos kristallveega.

Sellel menetlusel võime valmistada terve rea hapetes lahustuvate metallide sooli. Igapäevases töös valmistatakse sellisel viisil tinutamisel vajalikku vedelikku, mis on tsinkkloriidi lahus soolhappelises vees. Soolhappes lahustatakse küllastumiseni tsingitükikesi, ja tekkinud lahust kasutatakse tinutamisel joodetava pinna puhastamiseks.

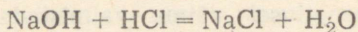
Soola saamine happe ja aluse vastastikusel toimel

Happed ja alused neutraliseerivad üksteist vastastikku, s. o. hape kaotab oma happelised ja alus oma aluselised omadused. Kui hapet ja alust on võetud ekvivalentsetes hulkades, siis tekib neutraalse soola vesilahus.

Katse

Keeduklaasi kaalume 10 g tahket kuiva naatriumhüdrosüüdi, mille lahustame väheses vees. Lahustumise kiirendamiseks vett pidevalt segada klaaspulgaga. Teise keeduklaasi mõõta 22 ml kontsentreeritud soolhapet (erikaal 1,19) ja lahjendada

veega. Naatriumhüdrosüüdi lahusesse valada pidevalt segades lahjendatud soolhapet. Algul valada ettevaatlikult, sest reaktsioon toimub ägedalt. Hiljem võib julgemini peaaegu kogu soolhappe ära valada. Lõpu eel kontrollida segu vahetevahel lakmuspaberiga (lakmuspaber on happes punane ja leelises sinine). Lõpuks lisada soolhappelist lahust ainult tilkhaaval, kuni lakmuspaber muutub sinisest punaseks. Siis aurutada lahus peaaegu kuivaks analoogiliselt eelmisele katsele. Saame kristalse keedusoola järgmise reaktsioonivõrrandi kohaselt:



Keedusool kristalliseerub välja puhta soolana, vabana kristallveest.

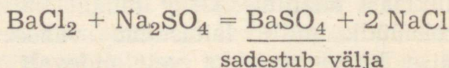
Soola saamine asendusreaktsiooniga

Kui lahuses on sooli, mis omavahel reageerides annavad vees raskesti lahustuva soola, siis reaktsioon kulgebki lahustumatu soola tekke suunas.

Katse

Ühes keeduklaasis lahustada vees 5 g baariumkloriidi BaCl_2 ja teises keeduklaasis 3,5 g naatriumsulfaati Na_2SO_4 . Lahuste segamisel sadestub välja valge peenkristalne sade. Sade filtreerida, pesta mitu korda destilleeritud veega ja kuivatada.

Reaktsioon kulgeb järgmiselt:



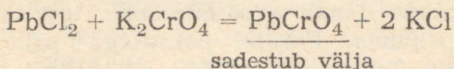
Antud reaktsioon on iseloomulik kõigile vahetusreaktsioonidele. Palju kasutatakse seda reakt-

slooni mitmesuguste mineraalvärvide saamiseks. Ka ülaltoodud produkti BaSO_4 kasutatakse valge värvina. Iseseisvalt kasutatakse seda vähe, kuid koos tsinksulfiidiga moodustab ta tuntud mineraalvärvi — litopooni.

Kroomkollase saamine

Ühes keeduklaasis lahustada 5 g kaaliumkromaati või kaaliumdikromaati ja teises keeduklaasis 5 g mingit pliisoola. Võib kasutada pliinitraati või pliilatsetaati (tinasuhkrut). Pliisoolade puudumisel võib neid väga lihtsalt ise valmistada, lahustades pliilaaste kuumas sool- või lämmastikhappes ja saadud lahust kokku aurutades. Kui kaaliumkromaati ja pliisoola lahused kokku valada, sadestub välja kollane pliikromaat. Olenevalt katsetingimustest ja temperatuurist saadakse erineva tooniga värvalne. Sademe filtreerimine ja kuivatamine toimub nagu varem kirjeldatud.

Reaktsioon on järgmine:



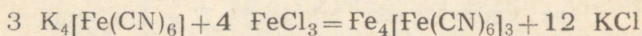
Kaaliumkromaati lahusele kontsentreeritud seebikivi lahust lisades ja järgnevalt keevas lahuses sadestamist teostades saame punase sademe — kroompunase, mille koosseis on $\text{PbCrO}_4 \cdot \text{Pb(OH)}_2$.

Mõlemaid sooli kasutatakse värvimuldadena maalritöödel.

Berliini sinise saamine

Ühes keeduklaasis lahustada vees 5 g ferrotsüaankaaliumi (kollane veresool) $\text{K}_4\text{Fe(CN)}_6$ ja teises keeduklaasis 5 g kolmeväärse raua kloriidi või

sulfaati FeCl_3 või $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$. Teise keeduklaasi lisada mõni tilk soolhapet või väävelhapet lahuse hapustamiseks. Mõlemaid lahuseid kokku valades tekib ilus sinine sade. Sade filtreerida ja kuivatada. Saadud värv on tuntud juba aastasadu berliini sinise nime all. Berliini sinine tekib järgmise võrrandi kohaselt:



Valguskopeerimine

Ferritsüaankaaliumi ehk punast veresoola võib kasutada valguskopeerpaberi valmistamiseks. Sel menetlusel valmistatud paberit kasutati varemalt masinaehituses tööjooniste valmistamiseks. Kaasajal seda menetlust enam ei kasutata.

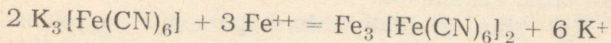
Valmistada 50 ml 9% punase veresoola vesilahust. Teises nõus valmistada 50 ml 25% ammoniumraudtsitraadi lahust. Mõlemad lahused võib kokku valada ainult otseselt enne tarvitamist ja pimedas ruumis. Paraja paksusega paber katta pintslil abil ülaltoodud seguga. Nii paberi katmine kui ka sellele järgnev paberi kuivatamine peab toimuma täiesti pimedas. Selliselt ettevalmistatud paberit võib kasutada valguskoopiaste valmistamiseks. Paber kaetakse vahapaberile tehtud joonisega ja hoitakse mõned minutid päevavalguses. Pärast valgustamist ilmutada pimikus, hoides paberit mõni minut vees. Paber on muutunud siniseks ja joonis on valgete joontega sinisel põhjal.

Punane veresool on kolmeväärse raua ühend. Valguse toimel redutseerub kolmeväärne raud kaheväärseks. Punane veresool moodustab kaheväärse rauaga reageerides sinise värvaine, nn. Turnbulli

sinise. Valgustatud kohtadel värvub paber siniseks. Tušijoonte all olev paber jääb valgustamata. Neis kohtades jääb muutmatult paberile kolmeväärse raua sool, mis vees lahustub ja ilmutamisel paberilt maha pestakse.

Reaktsioonid:

Valguse toimetel $\text{Fe}^{+++} \rightarrow \text{Fe}^{++}$

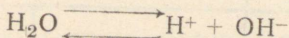


Antud reaktsioonide märkimiseks on kasutatud osaliselt ioone. Nende mõiste, samuti kui oksüdatsiooni- ja reduktsiooniprotsesside lähem selgitus on antud tagapool.

Vesinikioonide kontsentratsioon

Paljud keemilised reaktsioonid toimuvad nõrkades happelistes või leelistes lahustes. Eriti oluline on aga keskkonna happesus või leelisus elava organismi tegevusele. Inimese maos peab olema vajalik happeline reaktsioon; muld, kus toimub taimekasv, peab olema kindlalt piiritletud happesusega jne. Keskkonna happesuse või leelisuse hindamiseks on vaja ühtset, kuid võimalikult lihtsat mõõtu.

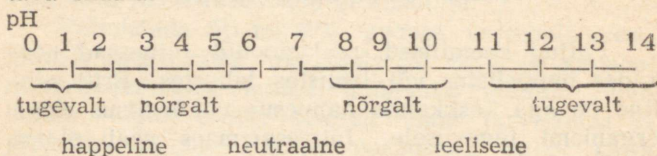
Vesi on puhtal kujul teatavasti neutraalne aine. Ometi on vesi normaaltemperatuuril väga vähe disotsieerunud vesinik- ja hüdroksüülionideks:



25° C juures on nii vesinik- kui ka hüdroksüülionide kontsentratsioon 1/10 000 000 mooli liitri vee kohta. Sama arvu võib väljendada muidugi veel

kujul 0,000 000 1 või 10^{-7} . Keemias on aga lepitud kokku võtta lihtsuse mõttes astmenäitaja (antud juhul 7) ja nimetada teda lahuse pH väärtuseks. Nii on puhta vee korral vesinikioonide kontsentratsioon $pH=7$ ja loomulikult on ka vastav hüdroksüülioonide kontsentratsioon niisama suur. Kui vees on vesinik- ja hüdroksüülioone liitri kohta 10^{-7} mooli, siis neutraliseerivad nad üksteist vastastikku ja veel on neutraalne reaktsioon.

Kui lahus sisaldab vaba hapet, siis on vesinikioonide hulk suurem, näiteks 0,1 mooli liitri kohta. Kokkulepitud kirjutusviisi kohaselt on sellises lahuses vesinikioone 10^{-1} ehk $pH=1$. Tähendab pH väärtuste puhul alla 7 on alati tegemist happeliste lahustega, väärtuste puhul üle 7 aga leelisest lahustega. Nii saame lahuse happesust või leelisust iseloomustava skaala:



Lihtsaim moodus pH väärtuse määramiseks on värvindikaatorite kasutamine. Paljudel orgaanilistel värvainetel on omadus muuta värvi sõltuvalt nende lahuse pH väärtusest.

Toome mõned näited.

Indikaator	pH madalam kui	pH suurem kui
Tropäoliin 00	1,5 punane	3,5 kollane
Metüülpunane	4 punane	6,5 kollane
Lakmus	6 punane	8 sinine
Fenoolftaleiin	8,3 värvitu	10 punane

Märgitud indikaatorid valmistatakse harilikult järgmiste lahustena:

Tropäoliin 00	—	0,1 kuni 1 ⁰ / ₀ -lise vesilahusena
metüülpunane lakmus	—	0,1 ⁰ / ₀ -line lahus 60%-lises alkoholis
fenooltaleiin	—	0,1 ⁰ / ₀ -line lahus 60%-lises alkoholis

Kõige lihtsam on kasutada pH määramiseks universaalset indikaatorit «3 UB-1». Indikaatori valmistamiseks lahustatakse 0,16 g ainet 100 ml alkoholis. Klaaspulgaga või pipetiga pannakse filterpaberile indikaatori tilk ja tekkinud laigule lisatakse omakorda tilk uuritavat lahust. Tekkiva värvuse järgi võib hinnata uuritava lahuse pH väärtust järgmiselt:

PH	Universaalse indikaatori „3 UB-1“ värvus
2	roosakaspunane
3	punakasoranž
4	oranž
5	kollakasoranž
6	sidrunkollane
7	kollakasroheline
8	roheline
9	sinakasroheline
10	violett

Kasutades indikaatoreid määrake kindlaks mitmesuguste lahuste pH väärtused. Võtke selleks otsarbeks seebi, ammooniumkloriidi, naatriumkloriidi (keedusoola) ja teiste soolade vesilahuseid. Edasi

võtke proove mitmesugustest muldadest, lisage neile proovidele katseklaasist vett ja pärast settimist määrake vesilahuse pH väärtus.

Reaktsiooni kineetika

Keemilise reaktsiooni kulgemine vajab teatava aja, ehk nagu väljendatakse erialases keeles, keemiline reaktsioon kulgeb teatava kiirusega. Reaktsiooni kiirus sõltub paljudest teguritest, kusjuures esmajoones on mõõduandvad reageerivate ainete kontsentratsioon ja temperatuur. Reaktsiooni kiiruse olenevuse selgitamiseks aine kontsentratsioonist teostame alljärgneva katse.

Katse teostamiseks valmistame kaaliumjodaadi 5—6%-lise külmalta küllastatud lahuse ja 1000 ml lahusele lisame 13 ml kontsentreeritud väävelhapet. Teise lahuse valmistamiseks lahustame 26 g naatriumbisulfitit 1 l vees. Naatriumbisulfiti puudumisel võib kasutada ka naatriumsulfitit. Kolmandaks lahuseks on tärklise lahus, mis sisaldab 1 g tärklist 1 l vee kohta. Tärklise lahuse valmistamiseks segatakse 1 g tärklist vähese hulga külma veega ja valatakse keeva vette. Katse õnnestumiseks peavad kõik lahused olema värsked. Kõikide lahuste temperatuurid peavad olema piirides 15—17°C.

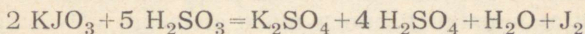
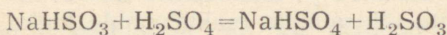
Katse teostamiseks on vaja kaks klaasi. Ühele klaasile (I) teeme klaasipliiatsiga kriipsu 100 ml kohale, teisele klaasile (II) märgime kaks kriipsu: ühe 25 ml mahule ja teise 125 ml mahule vastavalt.

Esimesse klaasi mõõdame pipetiga 1,5 ml naatriumbisulfiti lahust ja lisame destilleeritud vett kuni 100 ml märgini. Teise klaasi mõõdame pipetiga 5 ml kaaliumjodaadi lahust, valame juurde tärklise lahust kuni 25 ml märgini ja vett kuni 125 ml mär-

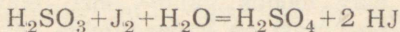
gini. Nüüd valame mõlemad lahused kokku ja jälgime kella sekundiosutit. 10 sekundi möödudes muutub kogu lahus siniseks.

Nüüd võtame teistkordselt esimesse klaasi 1,0 ml naatriumbisulfiti ja teise klaasi 3,3 ml kaaliumjodaadi lahust. Kolmandaks katseseeriaks on hulgad vastavalt 0,75 ml ja 2,5 ml. Jälle lisame vett ja tärglise lahust nagu esimese katse puhul. Valame lahused paariviisi kokku ja jälgime aega kuni sinise värvuse tekkimiseni. Teise katseseeria puhul kulub aega 20 sekundit, kolmandal katseseerial aga 40 sekundit.

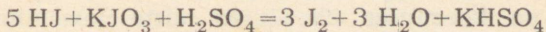
Käesoleval juhul on meil tegemist päris keeruka reaktsioonisüsteemiga. Happelises keskkonnas tekib naatriumbisulfitist vaba väävlishape:



Reaktsiooni võrrandi järgi tekkiv jood ei saa aga seni püsima jääda, kuni lahuses on veel vaba väävlishapet, sest väävlishape reageerib joodiga järgmiselt:



Alles siis, kui kogu väävlishape on ära tarvitatud, hakkab toimuma uus reaktsioon, kus vabaneb jood:



Vabanev jood värvib tärgliselahuse siniseks ja nii on reaktsiooni lõpp silmaga jälgitav.

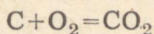
Teostatud katse näitab, et suurema kontsentratsiooniga lahuste puhul kulgeb reaktsioon kiiremini

kui lahjade lahuste korral. Selles võite ka siis veenduda, kui lahustada näiteks tsingitükki soolhappes. Kontsentreeritud happes lahustub ta kiiremini kui lahjas happes.

Iga keemiline reaktsioon kiireneb temperatuuri tõusul. Lihtsa reeglina võib väita, et temperatuuri tõstmisel 10 kraadi võrra kiireneb keemiline reaktsioon kaks korda. Kui näiteks mingi reaktsiooni kiirus 20°C juures oli 1, siis 30°C juures on ta 2, 40°C juures 4, 60°C juures 8 jne. Sellega on ka seletatav, miks keemiliste reaktsioonide läbiviimisel tavaliselt soojendatakse reaktsioonisegu.

Hapendamine ja taandamine

Hapendamine ja taandamine kuuluvad keemias kahtlemata tähtsaimate reaktsioonide hulka. Hapendamiseks ehk oksüdatsiooniks nimetatakse lihtsamal mõttes hapniku liitumist mõne elemendi või ainega. Mõnikord ühineb vaba hapnik otseselt ainega. Lihtsaim näide on süsiniku põlemine süsihappegaasiks:

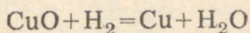


Kogu elav loodus vajab oma elutegevuseks hapnikku. Seepärast on hapendumine ehk oksüdatsioon meid ümbritseva looduse tähtsaimaks keemiliseks reaktsiooniks.

Hapendumine võib toimuda ka seotud hapnikuga. Seotud hapnikuks nimetame sellist hapnikku, mis on keemilises ühenduses teiste elementidega. Näiteks vesinikülihapendis, mille keemiline valem on H_2O_2 , on veega võrreldes üks liigne hapniku aatom. See hapniku aatom on väga liikuv ja kergesti ülekantav teistele ühenditele. Nii põhjustab hapendamist seotud hapniku aatom.

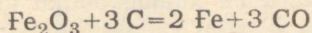
Keemias vaadeldakse hapendumist aga hoopis laiemalt. Hapendajaks on iga element, mis on võimeline kõrgemast valentsiastmest üle minema madalama valentsiga ühendiks. Näiteks kaaliumperman-ganaadis KMnO_4 on mangaan seitsmeväärne. Sama mangaani aatom võib aga muutuda nelja- või kaheväärseks ja selliselt osutada hapendajaks.

Taandamine on vastandreaktsioon hapendamisele. Taandamisel ehk reduktsioonil leiab aset hapniku kaotus. Taandavaks reagentiks on vesinik. Näiteks vaskoksüüd muutub vesiniku toimel elementaarseks vaseks:



Nagu hapendumisel, nii ka taandamisel võib reaktsioonist osa võtta mitte vaba, vaid seotud element. Joodvesinik on tuntud tugeva taandajana, kuigi vesinik on siin seotud joodi aatomiga HJ. Laialdasemas mõttes võivad aga taandajateks olla ained, mis on ise madalas valentsiastmes ja võimelised üle minema kõrgemasse valentsiastmesse. Näiteks on tinakloriid SnCl_2 võimeline hõlpsasti üle minema ühendiks SnCl_4 , kus tina on neljaväärne. Kaheväärne tinakloriid on seega taandaja.

Taandamisreaktsioonid omavad tehnikas hiiglasuurt tähtsust. Nii saadakse paljusid metalle nende maakidest taandamisel süsiniku abil:



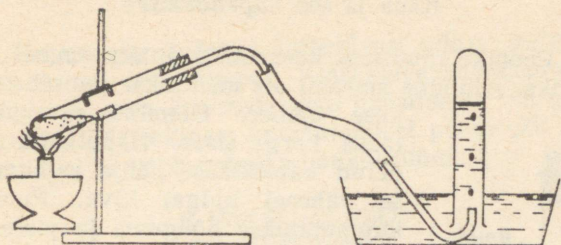
Alljärgnevalt tutvume lähemalt hapendus-taandusreaktsioonidega.

Hapniku saamine

Alustame oma katsete seeriat hapniku valmistamisega, kuna selle elemendiga on meil keemias kõige rohkem kokkupuutumist. Hapnik on looduses kõige levinum element. Oma aktiivsuse tõttu on ta ühinenud rea elementidega, moodustades mitmesuguseid aineid, milledega iga päev tegeleme. Vesi, liiv, savi ja paljud muud on kõik hapnikuühendid. Maakera koor sisaldab hapnikku umbes 50%. Samuti on hapnik möödapääsematult vajalik maakera atmosfääris elu säilitamiseks. Hingamiseks vajalik atmosfääriõhk sisaldab mahu järgi umbes 21% hapnikku. Õhus on hapnik vabas olekus, koos lämmastiku (78%), argooni (1%) ja teiste gaasidega. Hapniku tööstuslikul tootmisel ongi lähteaineks õhus leiduv hapnik. Õhk veeldatakse ja vedela õhu destillatsioonil saadakse hapnikku, mida rõhu all terassilindritesse surutakse. Tehnikas kasutatakse hapnikku peamiselt metallide lõikamiseks ja keevitamiseks koos atsetüleeniga.

Laboratoorselt saadakse hapnikku hapnikurikaid ebapüsivaid ühendeid lagundades. Tavaliselt kasutatakse selleks kaaliumkloraati $KClO_3$ (Berthollet' sool). Samuti võib kasutada kaaliumpermanganaati, vesinikülihapendit -jt., kuid tavalistes tingimustes ei ole nende kasutamine nii mugav.

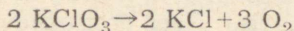
Katseklaasi (tulekindel klaas) puistatakse kaaliumkloraati $KClO_3$ ja vähesel hulgal mangaandioksüüdi MnO_2 . Mõlemad ained segatakse hästi ja katseklaas suletakse korgiga, millest klaastoru läbi ulatub. Klaastoru on kummivooliku abil ühendatud teise klaastoriga, nagu joonisel näidatud. Kui katseklaasi piirituslambil või gaasileegis kuumutada, hakkab sool lagunema ja eraldub gaasi, mida võib kontrollida, hoides hõõguvat peergu või põlevat



Joon. 11. Hapniku saamine

tuletikku klaastoru ees. Hõõguv peerg hakkab leegitsema ja tuletiku leek suureneb, kui torust voolab välja hapnikku. Hapnikku lastakse veidi aega välja voolata (õhu väljatõrjumiseks) ja seejärel paigutatakse klaastoru veega täidetud katseklaasi või purgi alla, nagu joonisel näidatud. Hapnik koguneb mullidena katseklaasi ülaossa. Selliselt võib hapnikku koguda mitmesse katseklaasi. Lühikest aega võib hapnikku hoida püstiolevais katseklaasides, mis on vatitropiga suletud. Gaasiline hapnik on õhust veidi raskem ja seepärast pole karta tema kiiret lendumist.

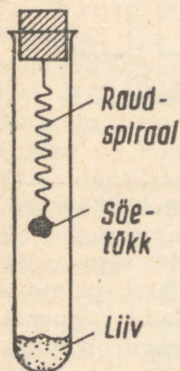
Reaktsioon hapniku saamisel on järgmine:



MnO_2 lisamisel toimub reaktsioon kaaliumkloraadiga kiiremini ja madalamal temperatuuril. Selliseid ühendeid, mis soodustavad reaktsiooni kulgemist ise reaktsioonist kõrvale jäädes, nimetatakse katalüsaatoriteks. Katalüsaatoritel on suur tähtsus keemiatööstuses, sest terve rida tööstuslikult rakendatavaid reaktsioone toimuvad ainult katalüsaatorite juuresolekul.

Raua ja söe hapendumine

Peenike raudtraat keeratakse pliiatsi ümber spiraaliks. Alumine spiraali ots mähitakse puusöe tüki-
kese ümber. Ülemine ots pistetakse korgi sisse. Hapnikuga täidetud katseklaasi põhja raputatakse vähesel hulgal liiva. Puusüsi kuumutatakse hõõguma ja pistetakse hapnikuga täidetud katseklaasi, mille sulgeb otsas olev kork. Süsi süttib põlema ja raud põleb säde-
meid pildudes.



Joon. 12. Söe ja raua põlemine hapnikus

Reaktsioonid kulgevad järgmiselt:

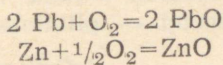
1. $C + O_2 = CO_2$ (süsihappegaas)
2. $2 Fe + 1\frac{1}{2} O_2 = Fe_2O_3$ (raudoksüüd)

Esimene reaktsioon on tähtsaim oksüdatsiooniprotsess looduses. Kõik nähtused, mida tunneme põlemisena, kujutavad endast õhu hapniku ühinemist süsinikuga. Puude põlemisel ahjus toimub kütuses oleva süsiniku ühinemine hapnikuga, sama toimub mootorites vedelkütusega ja veelgi kiirem oksüdatsioon toimub mitmesuguste lõhkeainete plahvatusel. Need protsessid on seotud suure soojuse eraldumisega. Ent mitte kõik oksüdatsiooniprotsessid ei toimu nii energiliselt. On ka aeglasid hapendumisprotsesse. Meie elamiseks vajalik hingamisprotsess on keemiliselt samuti oksüdatsiooniprotsess.

Teine reaktsioon toimub ka õhus, kuid palju aeglasemalt ja rahulikumalt, tekitades raudesemete pinnale ebasoovitava roostekihi. Puhast raudoksüüdi kasutatakse värvimullana rauamenniku nime all.

Plii ja tsingi hapendumine

Hapnikuga täidetud katseklaasi põhja paigutatakse tsingi- või pliilaaste. Katseklaas suletakse vattitropiga ja seda kuumutatakse gaasileegil või pilrituslambil. Katseklaasi kuumutamisel põleb plii pliioksüüdiks ja tsink valgeks tsinkoksüüdiks:



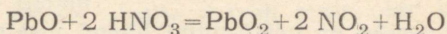
Tsinkoksüüd on hästituntud ühend maalritöödel tsinkvalge nimetuse all. Samad reaktsioonid toimuvad ka õhus, kusjuures on huvitav jälgida plii oksüdatsiooni astmeid.

Lõigates pliid noaga saame läikiva lõikepinna, mis kiiresti tuhmub, s. o. oksüdeerub ja omandab sama värvuse, mis on metalli välispinnal. Plii välispind on kaetud õhukese oksüüdikihiga, mis kaitseb pinda edaspidise oksüdatsiooni eest. Tekkinud ühend on pliialahapend, keemilise valemiga Pb_2O . Kui pliid sulatada sobivas plekknõus kas gaasipliidil või ahjus sütel (plii sulab juba 327°C juures), siis kattub sulaplii pind hallika oksüüdikihiga. Valides laia põhjaga sulatusnõu ja õhukese kihi pliid, võime pikaajalisel kuumutamisel oksüdeerida kogu plii massi. Edaspidisel kuumutamisel muutub hall oksüüd kollaseks pliioksüüdiks. Tekib uus ühend keemilise valemiga PbO .

Edasisel kuumutamisel muutub kollane pliioksüüd oranžist kuni punase värvuseni. Selleks on vaja võrdlemisi kõrget temperatuuri, mida siiski võib saavutada pikaajalisel kuumutamisel gaasipliidil või hõõguvail sütel. Tekib tinamennik Pb_3O_4 , mis on tuntud väga hea värvimullana eriti metallesemete värvimiseks kaltseks rooste vastu. Kodusel teel suu-

remal hulgal tinamenniku valmistamine on siiski raske, sest pliioksüüdi kuumutamine tinamennikuks peab toimuma võrdlemisi kitsas temperatuuri vahemikus 450—500°. Kui temperatuur tõuseb üle 550° C, muutub tinamennik uuesti pliioksüüdiks PbO.

Kollasele pliioksüüdile lahjendatud lämmastikhapet tilgutades muutub kollane ühend tumepruuniks. Tekib uus ühend — pliidioksüüd PbO₂:



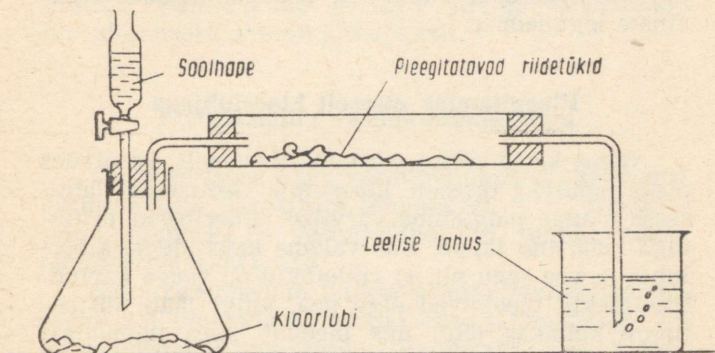
Neist katsetest nähtub, et hapnik ei moodusta metalliga ainult üht oksüüdi, vaid neid võib olla mitu, mis erinevad üksteisest nii värvuse kui ka füüsikaliste ja keemiliste omaduste poolest. Eespool kirjeldatud nähtusi esineb väga paljude hapnikuühendite juures.

Reaktsioonid kloorlubjaga

Eelnevates katsetes olid esitatud oksüdatsiooniprotsessid vaba hapnikuga. Rida hapnikku eraldavaid aineid võib edukalt kasutada oksüdatsiooniks.

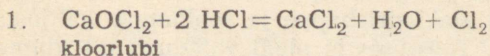
Perenaistele oli kauges minevikus tuntud linaste kangaste pleegitamine vabas õhus. Niisked linad asetati murule päikese paistele, kus nad päikese kiirte toimele aja jooksul pleekusid. Riidekangal olev vesi ühineb õhuhapnikuga, moodustades vesinikülühapendi, mis omakorda lagunedes annab ära hapniku. Eralduva hapniku toimele pleekuvad kangad. See toiming on väga aegaviitav ja ilmastikust sõltuv, seetõttu kasutatakse tööstustes pleekimislahuseid, millede peamiseks koostisosaks on kloorubi.

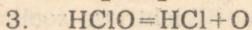
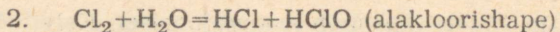
Aparatuuri skeem on toodud joonisel. Kolvi põhja on paigutatud kloorlubi ja tilklehtrisse soolhape. Äravooloru lahtine ots on paigutatud kangesse seebikivilahusesse, et ära hoida kloori tungimist



Joon. 13. Aparatuur kloori saamiseks ja pleekimiskatse teostamiseks

ruumi. Jämedamasse klaastorusse paigutame ühele poole kuivad ja teisele poole niisked proovid. Proovidena kasutame kirjused riideribasid ja sinise tindiga määratud riidelappe. Lehtrist tilgutame kontsentreeritud soolhapet kloorlubjale. Rohekas värvus kolvis ja klaastorus näitab kloorgaasi eraldumist. Kuivad riideribad ei kaota oma värvust, kuid niisutatud riidelapid paiguti pleekuvad. Rida värvaineid (indantreenvärvid) ei muutu klooriga oksüdeerides. Selgub, et oksüdeerijaks ei ole mitte eralduv kloor, vaid selle ühendid veega. Käesoleval katsel toimuvad alljärgnevad reaktsioonid:





Alakloorishape on ebapüsiv ühend ja laguneb kiiresti, eraldades hapnikku, mis põhjustabki värvainete lagunemise.

Pleegitamine otseselt kloorlubjaga

Sama katse võime teostada lihtsamalt, kasutades pleegitamiseks otseselt kloorlupja. Mitmesse lahtisesse nõusse paigutame värvilisi riideribasid ja tindiga määratud lappe. Siis valame kaussidesse kloorlubja ja vee segu nii, et riidetükid on veega kaetud. Tindiplekid pleekuvad õige pea, kuigi jääb püsima tugev kollakas jälg, mis pleekub alles tugevama oksüdatsioonil. Riidevärv kaob alles pikemaajalisel leotamisel. Pleekimise intensiivistamiseks lisame lahusele veidi äädikhapet. Happe toimel eraldub kloorlubjast alakloorishape, mis lagunedes oksüdeerib värvaine. Reaktsioonid on üldiselt samad, mis eelmisel katsel. Äädikhappe toimel eraldub veel soolhapet, mis reageerides alakloorishappiga annab vaba kloori. Nii mõjuvad riidekiule agressiivsed happed, mis kahjustavad ja nõrgendavad riidet. Seepärast ei saa tarberiiete pleegitamisel ja plekkide puhastamisel nii agressiivseid vahendeid kasutada. Tööstuses kasutatakse kloorlupja küll linase ja puuvillase riide pleegitamisel, kuid väga nõrgas kontsentratsioonis (umbes 1%-lised lahused). Mingil juhul ei kasutata happeid koos kloorlubjaga. Kasutatakse isegi nõrgalt aluselisi lahuseid, mis mõjuvad pidurdavalt pleegitamisprotsessile, kuid hoiavad ka riidekiudu alakloorishappe ja soolhappe kahjustava mõju eest. Tööstuses ei olegi vajadust nii tugevalt

pleegitada kui meie katse juures, sest pleegitatakse riidekangaid, mis erinevad valgest ainult mõne nõrga varjundi võrra. Tööstuslikult kasutatakse kloorlubja lahust linase ja puuvillase riide pleegitamiseks. Villase riide ja siidi juures kasutatakse pleegitamiseks vesinikülihapendit.

Pleegitamine vesinikülihapendiga

Oksüdeerijana leiab vesinikülihapend kasutamist mitmesuguste värvainete lõhkumisel, s. o. pleegitamisel. Laiemalt on vesinikülihapend tuntud juuste blondeerimisvahendina.

Salguke tumedaid juukseid pesta hoolikalt seebiveega või lahjendatud soodalahusega (Na_2CO_3). Nii ettevalmistatud juuksesalk paigutada katseklaasi, kuhu valada 6%-list vesinikülihapendit, millele on lisatud mõned tilgad soolhapet. Paari tunni jooksul on juuksed muutunud kahvatult kollaseks. Vesinikülihapendi mõjul laguneb juustes olev pigment ja juuksed muutuvad värvituks. Hiljem pesta juukseid nõrga ammoniaagilahusega.

Tavalise hallika lambavilla või villase lõnga topp puhastatakse villasse sattunud rasvadest ja õlidest seebiveega või soodalahusega pestes, kasutades selleks ainult pehmet vett. Selliselt ettevalmistatud villa paigutame katseklaasi nii, et vill oleks lahusega täiesti kaetud. Vesinikülihapendile lisame veidi ammoniaaki, kuni on tunda selle iseloomulikku lõhna. Mõne tunni pärast villatoppi katseklaasist välja võttes näeme, et vill on tunduvalt valgemaks muutunud. Hiljem tuleb ta veel muidugi hoolikalt läbi pesta.

Samuti võib pleegitada toorsiidi, mille puhul protseduur sarnaneb villa pleegitamisega.

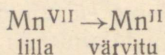
Peale eespoolloetletu kasutatakse vesinikülihapendit sarvaine, sulgede, elevandiluu, karunaha jne. pleegitamiseks.

Hapendamine kaaliumpermanganaadiga

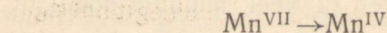
Kaaliumpermanganaat (KMnO_4) on tuntud tugeva hapendajana. Nagu juba varem märgitud, on mangaan antud ühendis seitsmeväärne. Kaaliumpermanganaadil on iseloomulik intensiivne lilla värvus. Mangaani madalamatel valentsiastmetel lilla värvus puudub.

Lahustame katseklaasis noaotsatäie suhkrut ja lisame tilga lahjat väävelhapet lahuse hapustamiseks. Teises katseklaasis lahustame mõned kaaliumpermanganaadi kristallid. Nüüd lisame tilkadena kaaliumpermanganaadi lahust suhkrulahusele. Suhkrulahuses kaotab kaaliumpermanganaadi lahus oma lilla värvuse. Nii võime tilkadena lisada palju kaaliumpermanganaati, aga lilla värvus ei jää püsima.

Teostatud katses oksüdeerub suhkur happeks, kuna seitsmeväärne mangaan taandub kaheväärseks:



Kaaliumpermanganaat on siin hapendajaks, suhkur aga taandajaks. Sama reaktsioon võib kulgeda ka leeliseses keskkonnas, kuid siin taandub mangaan ainult neljaväärseni



ja sadestub välja pruun mangaandioksüüd MnO_2 .

Alkoholi süttimine kaaliumpermanganaadi toimel

Kontsentreeritud väävelhappe tõrjub kaaliumpermanganaadist välja mangaanülihappe anhüdriidi ehk mangaanheptoksüüdi Mn_2O_7 . Mangaanheptoksüüd annab äärmiselt kergesti hapnikku ära ja süütab kergesti süttivad ained põlema.

Puistame väikese keeduklaasi või portselankausi põhja umbes 0,5 g kaaliumpermanganaadi kristalle ja lisame kristallidele mõne milliliitri kontsentreeritud väävelhapet.

Nüüd kinnitame traadi otsa vatitopikese ja kasutame ta kergelt piiritusega märjaks, kuid nii, et piiritus ei tilguks. Vatitopiga puudutame väävelhappe ja kaaliumpermanganaadi segu. Puudutamisel süttib vatitopp põlema. Hapniku ülekandumine mangaanheptoksüüdilt alkoholile toimub niivõrd kiiresti ja ägedasti, et asetleidev temperatuuri tõus kutsub esile süttimise.

Kaaliumpermanganaat oksüdeerijana koduses majapidamises

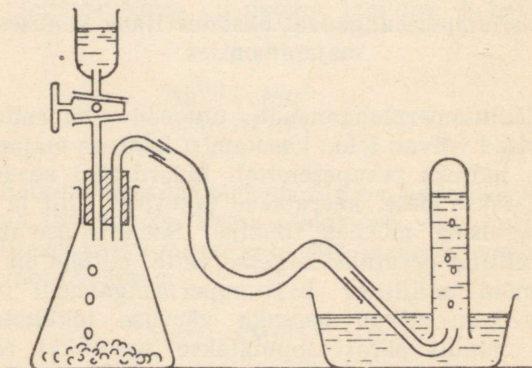
Kaaliumpermanganaadi tugevad hapendavad omadused võivad leida kasutamist koduses majapidamises, näiteks pesupesemisel. Määrduvad pesutükk seeditatakse sisse, keeratakse tugevasti rulli ja jäetakse seisma mõneks tunniks. Seejärel asetatakse lahtirullitud pesutükk leigesse vette, millele on lisatud mõni milliliiter kaaliumpermanganaadi vesilahust kuni nõrga roosaka värvuse tekkimiseni. Mõne minuti pärast loputatakse pesutükki rohke veega. Kaaliumpermanganaat toimis antud juhul hapendajana ja hõlbustas riide puhastamist. Selline

pesemisviis on hoopis hõlpsam kui seebi toimel mehhaanilise hõõrumise teel. Väikene kaaliumpermanganaadi kogus ei kahjusta riidekudet.

Vesiniku valmistamine

Vesinikku leidub maakera koostises peamiselt vee koostisosana. Vee molekul koosneb kahest vesiniku aatomist ja ühest hapniku aatomist. Samuti leidub vesinikku koos süsinikuga kõikjal elavas looduses orgaanilises aines, vedelkütustes, rasvades, gaasides jm. Tehnikas kasutatakse vesinikku peamiselt keemiatööstuses hüdreerimiseks, s. o. liidetakse aines olevale süsinikule vesinikku, mis muudab aine omadusi soovitud suunas. Seda kasutatakse vedelate rasvade muutmisel tahketeks rasvadeks, sünteetilise bensiini saamiseks, sünteetilise ammoniaagi tootmiseks jne.

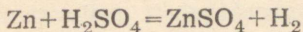
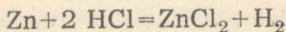
Laboratoorselt saadakse vesinikku hapete toimel mõningatele metallidele, samuti seebikivi toimel



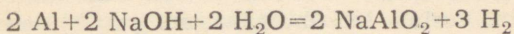
Joon. 14. Aparatuur vesiniku valmistamiseks

alumiiniumile ja vee elektrolüüsil. Antud juhul kasutame hapete toimet metallile.

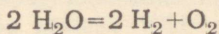
Koonilise kolvi põhja panna tsingi- või raua- laaste. Kolb sulgeda korgiga, millest ulatuvad läbi kraaniga varustatud tilklehter ja gaasi ärajuhtimise toru (vt. joon. 14). Lehtrisse valatakse lahjendatud soolhapet (1 : 2) või lahjendatud väävelhapet (1 : 10) ja kraani avades tilgutatakse hapet kolvi põhjas olevatele metallilaastudele. Lehtri puudumisel võib kogu happe valada otseselt metallilaastudele ja kolvi sulgeda äravoolutoruga varustatud korgiga. Toimub energiline reaktsioon ja vesiniku eraldumine:



Hapete toimel metallile eraldub vesinik ja tekib vastav sool. On ka teisi vesiniku saamise võimalusi, näiteks seebikivi toimel alumiiniumile:



või vee elektrolüüsil:



Tähelepanu! Vesinikuga töötamisel on vajalikud teatud ettevaatusabinõud plahvatuste ärahoidmiseks ja seepärast tuleb kinni pidada alljärgnevast töö- kälgust.

Algul tuleb eralduvat vesinikku juhtida mõni aeg õhku, et täielikult välja tõrjuda kolvis ja vooli- kus olev õhk. Eralduva vesiniku puhtuse kontrolli- miseks lasta vesinikku voolata veega täidetud katse-

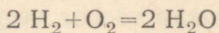
klaasi nagu joonisel näidatud. Hiljem proovida põleva tikuga katseklaasis oleva gaasi põlemist, mida teha eralduvast gaasist kaugemal. Kui gaas katseklaasis väikese pauguga plahvatab, siis sisaldab gaas veel õhku. Kui katseklaasis olev gaas rahu-likult põleb, puudub vesinikus õhk ja gaasi võib koguda katseklaasidesse või purkidesse ning teostada edaspidiseid katseid.

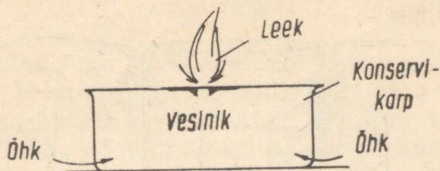
Ülalkirjeldatud ettevaatusabinõud on vajalikud plahvatuse vältimiseks kolvis. Kui vesinik ja hapnik on segunenud vahekorras 2 : 1, s. o. samas vahekorras kui vee molekulis, siis tekib nn. paukgaas, mis süütamisel plahvatab. Reaktsiooni alguses, kui kolvis leidub õhku, on kolvis olev gaasisegu plahvatusohtlik ja tuleb vältida süttimisvõimalusi.

Paukgaasi plahvatus

Tühja konservikarbi põhja teha väike auk. Karp hoida lahtise põhjaga allapoole, sulgeda tehtud auk sõrmega ja lasta vesinikku vooliku abil karbi alla voolata. Vesinik kui õhust kergem gaas tõuseb karbi alla ja surub välja karbis oleva õhu. Kui võib arvata, et karp on vesinikuga täitunud, jätta karp kummuli lauale ja vabastada gaasiava. Väljuv gaas süüdata (vt. joon. 15). Vesinik põleb väikese, pea-aegu nähtamatu leegiga. Karbi servade alt tungib karbi sisemusse õhku. Kui vesiniku ja õhus oleva hapniku segu on moodustanud paukgaasile vastava vahekorra, siis plahvatab paukgaas ja karp lendab õhku.

Vesiniku põlemine on tuntud oksüdatsiooniprotsess, s. o. vesiniku ühinemine õhuhapnikuga:





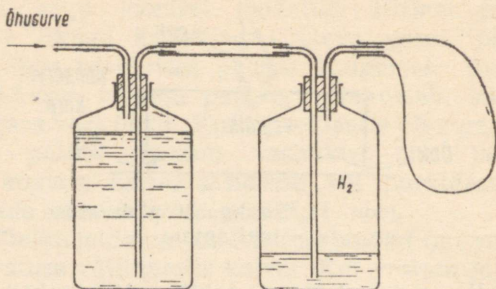
Joon. 15. Paukgaasi plahvatuse tekitamine

Selle protsessi juures tekib palju soojust, nii et vesinik on samasugune kütus kui kiviõli või majapidamisgaas. Mõõtes kütuse hulka kaaluliselt, ületab vesiniku kütteväärtus kiviõli oma umbes neljakordselt. Kui hinnata kütuse hulka mahuliselt, siis oma madala erikaalu tõttu ei ületa vesiniku kütteväärtus meie tavalise majapidamisgaasi kütteväärtust.

Vesinik on õhust kergem gaas

Valmistada keedetud veest, seebist ja vähesest hulgast glütseriinist segu, mille abil saab puhuda seebimulle. Kastes vesinikku eraldava toru otsa seebilahusesse võib katse eduka teostuse juures saada seebimulle, mis tõusevad õhku ja purunevad alles laes.

Veel näitlikumalt tõestub vesiniku madal erikaal, kui temaga täita õhupalle. Otsese keemilise reaktsiooni tulemusena ei ole võimalik saavutada nii kõrget rõhku, et vesinikuga täita õhukesest kummist palle. Nende täitmiseks tuleb kasutada joonisel kujutatud survenõusid, mida on lihtne valmistada suurematest pudelitest. Vasakpoolsele õhutorule kummipalli, jalgrattapumba või kopsude jõul õhusurvet tekitades kandub rõhk vee abil edasi vesinikuga



Joon. 16. Vesiniku surumine kummipalli

täldetud nõusse ja vesinik surutakse palli. Täispuhutud pall tõuseb üles. Kahjuks ei seisa vesinik pikemat aega kummipallis. Mõne tunni möödudes väheneb palli maht ja pall langeb maha. See on tingitud asjaolust, et vesinik tungib läbi kummis olevate pooride.

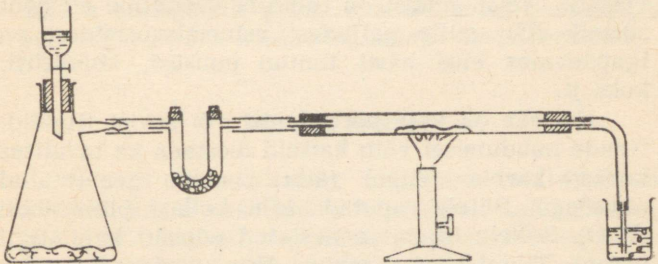
Neist katseist nähtub, et vesinik on õhust kergem gaas. Vesinik on õhust 14 korda kergem ja leidis varem seetõttu kasutamist õhupallide, vaatlusballoonide ja õhulaevade täitena. Tema plahvatusohtlikkus on aga põhjustanud terve rea raskeid õnnetusi, seepärast eelistatakse praegu samaks otstarbeks heeliumi, mis on küll vesinikust raskem, kuid ohutum.

Taandamine vesinikuga

Eespool nägime, et hapnik püüab ühineda teiste elementidega, moodustades oksüüde. Seda protsessi nimetasime oksüdatsiooniks. Vesiniku toimel teostub aga vastupidine protsess — taandamine ehk redutseerimine. Vesinik seob ühendites oleva hapniku, vabastades puhta elemendi.

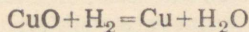
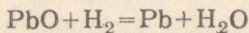
Katse

Vesiniku juga juhitakse läbi kaltsiumkloriidiga täidetud U-kujulise toru, mille toimet seotakse vesinikuga kaasas olev niiskuse. Veevaba kaltsiumkloriid (CaCl_2) on üldtuntud vahend niiskuse ja vee sidumiseks. Kuivatatud vesinik juhitakse läbi tulekindla klaastoru, nagu joonisel näidatud. Torusse paigutatakse veidi pulbrilist pliioksüüdi või õhus tumepruuniks kuumutatud vaselaaste (CuO kihiga).



Joon. 17. Taandamine vesinikuga

Kui vesinikku on pikemat aega torust läbi juhitud ja kontrollitud, et õhku torudes enam ei ole (katseklaasis eraldunud vesinikku põlema süüdates), võib klaastoru ettevaatlikult kuumutada. Samal ajal läbib klaastoru nõrk vesiniku vool. Varsti on märgata, et pulbrilisest pliioksüüdist eralduvad vedela metalli tilgad. Samuti muutub pruunikas CuO punaseks vaseks:

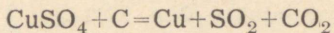
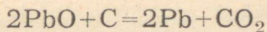


Vesiniku toimel muutusid metallide oksüüdid puhtaks metalliks. Gaasiline vesinik ühines metalli oksüüdi hapnikuga, tekitades vee.

Taandamine söega

Mitte üksnes vesinikul ei ole redutseerivaid omadusi. On veel rida aineid, mis on tehnikas leidnud palju laialdasemat kasutamist kui tülikas ja ohtlik vesinik. Neist aineist on tuntuim keemiline element süsinik (C), mille paljudest esinemisvormidest on igapäevases elus hästi tuntud puusüsi, kondisüsi, koks jt.

Katseks on vaja portselanist või savist tiigleid. Nende puudumisel võib katseid teostada ka tavalises konservikarbis. Tiigel täita pooleni peenestatud puusöega. Sütele raputada kiht kollast pliioksüüdi (PbO). Sellele lisada peenestatud puusütt kuni tiigli ääreni. Tiigel katta kaanega õhu juurdevoolu vältimiseks. Kuumutada tugevasti. Kõige sobivam on seda läbi viia ahju kütmise ajal hõõguvail sütel. Teisel päeval võtame jahtunud tiigli ahjust välja. Tiigli sisu välja puistates leiame, et kollane pliioksüüd on kadunud ja tiigli põhja on tekkinud kokkusulanud pliiitombud. Söe toimel on plii taandunud puhtaks metalliks. Sama katset võib teostada ka vase sooladega, kasutades näiteks vasksulfaati ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Katse lõpul on vasksulfaat lagunened ja söest leiame taandatud punase vase puru. Kõrgema temperatuuri puhul saaksime punase vase kokkusulanud klompe, nagu nägime seda pliioksüüdi kuumutamisel. Ahjus sütel kuumutades ei ole võimalik saavutada vase sulamistemperatuuri. Taandamine söega toimus alljärgnevate reaktsioonide kohaselt:



Antud reaktsioonidel on tehnikavallas suur tähtsus, peamiselt nendel põhineb maakide töötlemine. Rauda tootmisel on see peaaegu ainuke meetod.

Sõe taandavaid omadusi saame kasutada kodustel sulatamistöodel. Tihti on vaja kodusel teel valmistada sulameid madala sulamistäpiga metallidest nagu plii, tina, antimon, alumiinium jt. Neil juhtudel on sulametalli pinda kasulik katta peenestatud puusõega, et ära hoida sulametalli oksüdeerumist.

Katsed seebiga

Seebid on rasvhapete naatrium- või kaaliumsoolad. Naatriumseebid on tavaliselt tahked ained ja üldiselt tuntud majapidamis- ja tualettseepidena. Kaaliumseebid on aga poolvedelad ja tuntud rahvapärase «rohelise seebi» nime all. Seebid tekivad rasvade keetmisel naatrium- või kaaliumhüdrosüüdiga. Seejuures laguneb rasv tema koostisosadeks — rasvhapeteks ja glütseriiniks. Seda reaktsiooni nimetatakse seebistamiseks.

Seep on juba kaugest minevikust tuntud pesemisvahendina. Miks peseb seep mustust? Vastata sellele küsimusele polegi eriti kerge. Püüame leida vastuse katse teostamise käigus.

Seebi keetmine

5 g rasva kuumutatakse portselankaasis 5 cm³ destilleeritud veega väikese leegi kohal. Kuumutamise kestel segatakse pidevalt klaaspulgaga. Niipea

kui kausi sisu hakkab pritsima, tuleb kuumutamine silmapilguks katkestada. Pärast viieminutilist kuumutamist lisandatakse ühe korraga 1 g naatriumhüdroksüüdi lahustatuna 6 cm³ vees. Kausi sisu peab pidevalt keema ja kogu aeg on tarvis segamist jätkata. Aurunud vett tuleb kogu aeg asendada destilleeritud vee juurdelisamisega. Nii tekib lõpuks ühtlane pudrutaoline mass, mis jahtudes tardub. Seebikeetmise lõpu määramiseks võetakse nootsaga proovi ja lahustatakse katseklaasis vees. Valmis seebi puhul lahustub proov täielikult ja tekib vaht, vastasel korral tuleb keetmist jätkata.

Saadud seep pole muidugi kõrgeväärtuslik. Seebitööstuses toimub seebi valmistamine hoopis keerukamalt, kuid meie järgnevateks katseteks on ka saadud seebiproov piisav.

E m u l s i o o n i v a l m i s t a m i n e

Portselankaussi asetatakse 1 g seepi ja 10 cm³ destilleeritud vett. Väikesel tulel soojendatakse vett ja seepi, neid klaaspulga abil pidevalt segades ja hoidudes lahuse keemaajamisest. Pärast seebi täielikku lahustumist kustutatakse tuli ja seebilahusele lisatakse 1 g petrooleumi. Segamist jätkatakse kuni lahuse jahtumiseni. Saadud segu valatakse katseklaasi. On tekkinud piimasarnane valge vedelik — emulsioon.

Käesolevas katses etendab seep emulgaatori osa. Petrooleum vees ei lahustu, milles võite ise kergesti veenduda, valades katseklaasi võetud petrooleumile vett peale. Pärast segiloksutamist kihistub petrooleum ikka vee peale.

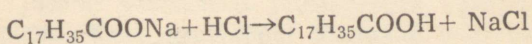
Antud juhul vahendab seep petrooleumi ja vee vastastikust lahustumist. Seebis, mis on rasvhappesool $C_{17}H_{35}COONa$, esineb vees lahustuv rühmitus

COONa. Süsivesinikuradikaal $C_{17}H_{35}$ ei lahustu vees, kuid lahustub näiteks petrooleumis. Nii kujuneb seebimolekul nagu sillaks vee ja petrooleumi vahel, kus üks osa temast lahustub vees, teine osa petrooleumis. Saadud uut süsteemi nimetatakse emulsiooniks. Emulsioonidel on tehnikas suur tähtsus paljude jahutus- ja puhastusvedelikkudena. Looduses esineb samuti palju emulsioone. Piim on vees emulgeeritud rasv koos paljude muude lisanditega. Analoogiliselt petrooleumiga võite seebi abil emulgeerida ka muid aineid. Emulgeerides näiteks mee- vaha võite saada läikevaha emulsiooni naha puhastamiseks. Seebiga pesemisel etendab seep vahendaja osa vee ja vees lahustumatu rasvase mustuse vahel. Seebi süsivenikuradikaalis lahustub mustus, kuna vees lahustuv seebimolekuli osa soodustab tema ülekandmist vette.

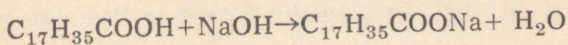
V a b a r a s v h a p p e v a l m i s t a m i n e

1 g seepi lahustatakse katseklaasis 10 cm^3 vees. Lahustamise kiirendamiseks soojendatakse katseklaasi ettevaatlikult.

Pärast kogu seebi lahustumist lisandatakse tilkhaaval lahjat soolhapet. Niipea kui lahus muutub happeliseks, sadestub välja vees lahustumatu rasvhape. Reaktsioon kulgeb nii:

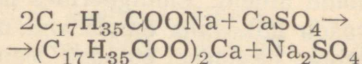


Tegelikult ei sadestu välja mitte ainult näites toodud steariinhape, vaid samuti tavaliselt rasvades esinevad palmitiinhape $C_{15}H_{31}COOH$ ja õlihape $C_{17}H_{33}COOH$. Saadud rasvhapped võib leelise abil viia uuesti seebiks vastavalt reaktsioonivõrrandile:



Seebi käitumine karedas vees

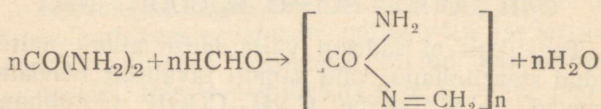
Lahustame noatsatäie seepi destilleeritud vees. Lahustamise kiirendamiseks soojendame vett nõrgalt. Pärast jahtumist lisame seebilahusele külma kaevu- või allikavett. Katseklaasi ilmub piimjas hägu ja loksutamisel ei teki vahtu. Kaevu- ja allika-vees leidub tuntaval hulgal lahustunud kaltsiumi ja magneesiumi soolasid, mis annavad seebiga raskesti lahustuvaid kaltsiumühendeid:



Vees raskesti lahustuv kaltsiumseep ei vahuta ja põhjustab seebi liigset kulu kareda veega pesemisel.

Aminoplasti valmistamine

Aminoplastid on käesoleval ajal toodetavatest plastmassidest ühed tuntuimad. Lähteaineks aminoplastide valmistamisel on karbamiid $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ja formaliin HCHO (formaldehüüdi vesilahus). Karbamiidi valmistatakse ammoniaagist ja süsihappegaasist. Formaldehüüdi toodetakse metüülalkoholist ehk puupiiritusest. Reaktsioon nende vahel toimub järgmiselt:



Kõigepealt tuleb valmistada karbamiidi küllastatud lahus formaliinis. Selleks võetakse katseklaasi 2—3 ml 30%-list formaliinilahust ja lisatakse noa-

otsaga, lusikaga või spaatliga seni karbamiidi, kuni see veel lahustub formaliinis. Eriti ettevaatlik peab olema formaliiniga, kuna viimane on mürgine ja söövitab nahka. Pole soovitatav pikemat aega sisse hingata formaliiniaurusid.

Aminoplasti kondensatsioonireaktsiooniks on vajalik reaktsioonisegus vesinikioonide teatav kontsentratsioon. Selleks tuleb reaktsioonisegule lisada mõni tilk hapet. Kõige otstarbekam on lisada 2—3 tilka kümneprotsendilist soolhapet. Nüüd soojendatakse katseklaasi ettevaatlikult ja reaktsioon puhkeb otsekohe. Lahus muutub algul häguseks ja lõpuks läheb üle valgeks kõvaks massiks. Reaktsioon kulgeb soojuse eraldamisega, mistõttu katseklaasi tuleb hoida puitnäpitsaga või lapiga.

Pärast seda kui katseklaasis on tekkinud valge tahke mass, lastakse katseklaasil jahtuda ja purustatakse ta seejärel aine kättesaamiseks. Suurema hulga aminoplasti saamiseks võib reaktsiooni läbi viia keeduklaasis, segades reaktsioonisegu klaaspulgaga.

Samadest lähteainetest võib hõlpsasti valmistada ka vahtplastmassi. Vahtplastmassi saamiseks tuleb lähtesegu enne kondensatsioonireaktsiooni muuta vahuks ja alles siis läbi viia kondensatsioon.

Reaktsioonisegu tuleb valmistada formaliinist ja karbamiidist varemkirjeldatud viisil. Vahutekitajana lisatakse juurde noatsatäis juustepesuks kasutatavat šampooni. Kuna segu maht tunduvalt suureneb vahu tekke tõttu, siis tuleb katse läbiviimiseks valida suurem katseklaas. Nüüd lisatakse reaktsioonisegule mõni tilk soolhapet nagu eespoolgi ja loksutatakse energiliselt, kuni kogu vedelik on muutunud vahuks. Reaktsioon algab harilikult ise, mille tunnuseks on katseklaasi soojenemine. Kui reaktsioon ei peaks ise algama, siis on vajalik nõrk soojendamine.

Kondensatsioonireaktsiooni vältel tardub vaht tahkeks alneks. Pärast katseklaasi jahtumist tuleb ta purustada ja vahtplastmass ongi käes. Vaht-aminoplaste kasutatakse laialdaselt isoleerimismaterjalina külmutusmasinate juures, torustike isoleerimisel soojuskadude vältimiseks jne.

Vahtplastmassi võib valmistada ka veidi suuremas koguses, kasutades vahustamiseks koduses majapidamises leiduvat vahustajat. Tuleb silmas pidada pritsimise võimalust, seepärast peab töötamisel ettevaatlik olema.

Fenoplasti valmistamine

Tänapäeval toodetavate plastmasside ja kunstvaikude hulgas etendavad veel praegugi tähtsat osa fenoplastid. Fenoplasti valmistamiseks kasutatakse toorainena fenooli (karboolhape) C_6H_5OH ja formaldehüüdi $HCHO$ (kasutatakse vesilahusena formaliini nime all).

Reaktsioonil saadava kunstvaigu omadused sõltuvad lähteainete vahekorrast ja kasutatud katalüsaatorist. Happelises keskkonnas tekib lahustuv ja kõrgendatud temperatuuridel sulav vaik, mis on saanud üldkasutatava nimetuse novolakk. Leelises keskkonnas tekib aga kõrgendatud temperatuuril kõvenev ja lahustumatuks muutuv vaiguvorm.

Suuremasse katseklaasi või keeduklaasi võetakse 5 g fenooli ja 5 g 35%-list formaliini. Loksutatakse kuni fenooli lahustumiseni. Nüüd lisatakse üks kuni kaks tilka 10%-list soolhapet ja soojendatakse reaktsioonisegu. Reaktsioon kulgeb soojuse eraldumisega, kuid katse lõpul tuleb uuesti soojendada reaktsiooni lõpuleviimiseks. Moodustub vaik, mis eraldub veekihhist. Pärast jahtumist pestakse vaiku puhta veega

ja kuivatatakse. Vaiku võib lahustada piirituses, saades sel teel piirituslakki.

Saadud novolakkvaigust võib valmistada ka pressitud esemeid. Selleks peenestatakse saadud vaik pulbriks. 5 g peenestatud vaiku segatakse 0,5 g urotropiiniga (heksametüleentetramiin)* ja 6g peene puitjahuga. Saadud segu asetatakse soovitud kujuga vormi ja kuumutatakse segu koos vormiga 160° C juures. Mõnekümne minuti jooksul moodustub sulamatu ja lahustumatu aine. Selliselt on võimalik pressimise teel valmistada igasuguse kujuga esemeid. Tööstuslikult toodetakse kirjeldatud meetodil elektriinstallatsioonis vajalikke lüliteid, seinakontakte jne., topse, taldrikuid, nõõpe ja paljusid muid tarbeesemeid.

Kvaliteetsete esemete saamiseks tuleb kasutada hästitöödeldud pindadega kuumendatavaid metallivorme, mille valmistamine koduste vahenditega pole muidugi lihtne ülesanne.

Katsed valkudega

Valgud etendavad tähtsat osa elavates taimsetes ja loomsetes organismides, olles tähtsaks toitaineks inimesele ja tooraineks keemiatööstusele. Keemilisest seisukohast on valgud äärmiselt keerukad ühendid, kusjuures nende keemiline ehitus pole veel kaugeltki selge. On teada, et valkude keemilises ehituses etendavad tähtsat osa nn. amiinhapped. Lihtsaim amiinhape on glükokoll $\text{CH}_2\text{NH}_2\text{COOH}$. Amiinhapete molekulis esineb samaaegselt kaheksugune funktsioon: happeline tingituna karboksüülrühmast COOH ja leelisene tingituna amiinrühmast NH_2 . Kuna amiinhapetes esineb samaaegselt nii happeline

* Urotropiin on apteekides müügil arstimina.

kui ka leelisene funktsioon, siis annavad amiinhapped omavahel keerukaid ühendeid, mis ongi tuntud valkudena.

Valgu lahuse valmistamine

Valgu lahuse valmistamiseks kasutame ühte kanamuna valget, mille lahustame 0,5 liitris puhtas vees. Juhul kui moodustub hägu, võib seda kaotada vähese hulga keedusoola lisamisega.

Valgu koagulatsioon

Katseks võtame viis katseklaasi ja valame igasse neist 5 cm³ valgu lahust.

Esimeses katseklaasis ajame vee keema, kusjuures valk moodustab valged helbed. See nähtus on igapäevasele tuntud muna keetmisest. Muna keetmisel leiab aset valgu koagulatsioon.

Teise katseklaasi valame natukene soolhapet. Ka siin leiab aset valgu koagulatsioon. Kolmandasse katseklaasi valame veidike piiritust (96%-list). Ka siin moodustuvad valgu helbed, s. t. leiab aset koagulatsioon. Alkoholi koaguleeriv toime valkudele on seotud alkoholi kahjuliku toimega inimorganismile, kuna ka organismis leiab aset valkude koagulatsioon.

Neljandasse katseklaasi valame mõned milliliitrid vasksulfaadi (vasevitrioli) lahust. Ka siin sadestub välja valkaine. Viiendasse katseklaasi aga valame tanniinilahust ning märkame valkaine väljasadestumist helvestena. Raskete metallide soolad põhjustavad valkude sadestumist ja on seetõttu organismile mürgised. Vastumürgina kasutatakse piima, milles leiduvad valgud sadestuvad raske metalli toimel ja muudavad osa mürgist kahjutuks.

Kroomi soolad ja tanniin kutsuvad esile suured muudatused nahas, sest naha tähtsaks koostisosaks on samuti valgud. Nii saadakse tavalisest loomnahast vastupidav ja praktiliselt hõlpsasti kasutatav nahk.

Valkude kindlaksmääramine

Võtame katseklaasi 3 ml valgu lahust ja lisame sellele 3 ml kümneprotsendilist naatriumhüdroksüüdi lahust. Loksutamisel tekib violetne värvus (biureet-reaktsioon).

Teiseks katseks võtame katseklaasi 5 ml valgu lahust ja lisame sellele mõned milliliitrid kontsentreeritud lämmastikhapet. Tekib sade, mis värvub kollaseks. Lämmastikhappe toimel värvub ka inimese nahk pruunikaskollaseks. See on tingitud valkude reaktsioonist.

Liimi valmistamine

Valime mõned hästipuhastatud kondid ja asetame need koos lahja soolhappega klaaskaussi. Mõne päevaga lahustub kontidest nende anorgaaniline osa. Nüüd valame vesilahuse ära ning järele jääb elastne mass. Seda massi uhume veega, valame lühikeseks ajaks üle soodalahusega ning uhume uuesti veega. Saadud massi peenestame väikesteks tükkideks ja asetame portselankaussi vähese veega. Kuumutamisel mass paisub ja lahustub. Pärast vee aurutamist ja saadud massi jahutamist saame želatiinitaolise aine, mis koosneb teatavatest valkudest, nn. glutiinidest. Saadud mass on puhas kondiliim, mida võib kasutada tiseriliimina ja muuks otstarbeks.

Katsed suhkruga

Suhkur on igäühele igapäevases elus tuntud toidu- ja maitseaine. Hoopis vähem on teada suhkru keemilise koosseisu ja tema omaduste kohta, sest suhkur on päris keeruka koostisega aine. Suhkruid tuntakse väga suurel hulgal. Suhkrutele on omane, et nad sisaldavad peale süsiniku aatomite sama arvu vee molekule, näiteks $C_5(H_2O)_5$ ja $C_6(H_2O)_6$. Seetõttu on suhkrud saanudki nimetuse süsinikhüdraadid ehk süsivesikud. Muidugi pole vee molekule suhkru keemilises ehituses üldse olemas ning nende keemiline ehitus on hoopis keerulisem.

Looduses tuntakse paljusid lihtsuhkruid ehk monosahhariide. Sellisteks on viinamarjasuhkur ehk glükoos, puuviljasuhkur ehk fruktoos, piimasuhkur ja paljud teised suhkruliigid. Sagedasti esineb ka nn. lihtsuhkruid. Kõige laialdasemalt on levinud tavaline roo- või peedisuhkur, mida me kasutame igapäevases elus. Vastavad uurimised näitavad, et tavalise suhkru molekul koosneb kahest lihtsuhkrumolekulist: glükoosist ja fruktoosist. Seega on tavaline suhkur disahhariid.

Teeme mõned katsed suhkru keemiliste omaduste tundmaõppimiseks.

Lihtsuhkru reaktsioon Fehlingi lahusega

Glükoosil ja real teistel lihtsuhkrutel on omadus taandada kaheväärne vask üheväärseks. Selle katse teostamiseks kasutatakse nn. Fehlingi lahust. Lahuse valmistamine toimub järgmiselt:

1,8 g vasksulfaati lahustatakse 50 ml destilleeritud vees ilma soojendamiseta. Teises pudelis lahustatakse 9 g Seignette'i soola (kaalium-naatriumtart-

raat) ja 3 g naatriumhüdrosüüdi 50 ml vees. Lahused hoitakse eraldi ja enne katset segatakse võrdsed osad mõlemast lahusest kokku.

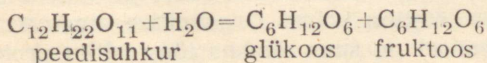
Lahustame noaotsatäie viinamarjasuhkrut 5 ml vees. Nüüd segame mõlemast mainitud lahusest kokku 2—3 ml Fehlingi lahust ja lisame suhkrule. Soojendame katseklaasi tulel ning näeme, et moodustub punane sade, milleks on vaskoksüüd (Cu_2O).

Kordame sama katset tavalise suhkruga eeltoodud juhtnööride kohaselt. Näeme, et mingit sadet ei teki. Siit selgub, et tavaline peedisuhkur ei sisalda glükoosi.

Peedisuhkru lahustamine glükoosiks ja fruktoosiks

Lahustame tavalist peedisuhkrut vees ja võtame katseklaasi 5—10 ml saadud lahust. Nüüd lisame suhkru lahusele umbes 1 ml lahjat soolhapet ja keedame mitme minuti jooksul. Pärast jahtumist neutraliseerime lahust lahja sooda lahuse lisamise teel. Lisada tuleb seni, kuni lakkab süsihappegaasi eraldumine (vahutamine). Nüüd lisame Fehlingi lahust eespoolkirjeldatud viisil ning kuumendame katseklaasi. Tekib punane sade vaskoksüüdist nagu glükoosi puhul. Enne seda katset on lahuse neutraliseerimine soodaga kindlasti vajalik, kuna muidu lahustuks tekkiv vaskoksüüd soolhappes.

Suhkru keetmisel toimus liitsuhkru hüdrolüüs ehk nagu seda suhkru juures nimetatakse — inversioon. Peedisuhkur laguneb siinjuures glükoosiks ja fruktoosiks:



Lisatud hape etendab siin ainult katalüsaatori osa, mistõttu kasutatava happe hulk on päris väike. Kasutada võib loomulikult igasugust hapet. Suhkru inversioon on vanim katalüütiline reaktsioon, olles avastatud juba 1806. aastal.

Kunstmee valmistamine

Suhkru inversioonil põhineb ka kunstmee valmistamine. Loomulikult ei sobi siin kasutada soolhapet, sest hiljem soodalahusega neutraliseerides tekib keedusool, mis rikub kunstmee maitset. Seepärast kasutatakse antud juhul piim-, viin- või sidrunhapet.

Kunstmee valmistamine toimub järgmiselt:

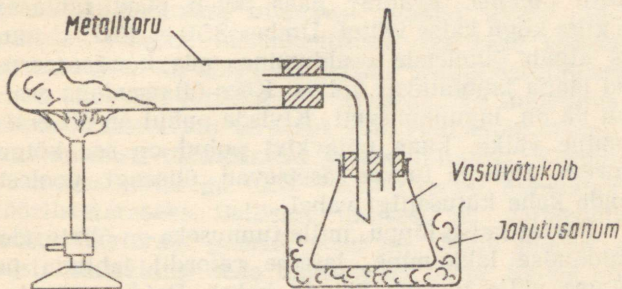
0,5 kg suhkrut lahustatakse 1 liitris vees ja lisatakse 0,5 g piim-, viin- või sidrunhapet. Lahust keedetakse seni, kuni jääb järele 650 ml vedelikku. Pärast jahtumist on kunstmesi valmis. Hapet pole vaja neutraliseerida, sest kasutatud nõrk hape kunstmee maitset ei kahjusta.

Looduses tuntakse peale disahhariidide veel nn. polüsahhariide. Tähtsamateks polüsahhariidideks on tselluloos ja tärklis. Mõlemad koosnevad glükoosi molekulidest ja nende üldvalem on $(C_6H_{10}O_5)_n$. Ka tselluloos ning tärklis on hüdrolüüsitavad hapete toimel, kusjuures hüdrolüüsi tulemusel saadakse viinamarjasuhkur. Nii saadakse puidu või tärklise hüdrolüüsil tähtsat toiduainet suurtööstuslikus ulatuses.

Orgaanilise aine termiline lagunemine

Kõrgetel temperatuuridel laguneb igasugune orgaaniline aine, moodustades gaasi ja vedela aine ning andes jäägina koksi. Orgaanilise aine termilisel lagunemisel on suur tähtsus tööstusliku protses-

sina. Seda meetodit kasutatakse kivisöe ümbertöötamisel koksi saamiseks metallurgiale, puidust tärpentini ja tõrva ajamisel, põlevkivi utmisel õli ja gaasi saamiseks. Orgaanilise aine termiline lagundamine toimub ilma õhu juuresolekuta, sest vastasel



Joon. 18. Orgaanilise aine termiline lagundamine

korral põleks orgaaniline aine lihtsalt ära. Sobivaks temperatuuriks orgaanilise aine termilisel lagundamisel on $500-600^{\circ}\text{C}$. Orgaanilise aine termilist lagundamist võib läbi viia ka laboratoorses tingimustes, kasutades selleks väikest retorti. Seadis termilise lagundamise teostamiseks koosneb ühest otsast suletud metalltorust, mille pikkus on umbes 25 cm ja läbimõõt 15—20 mm. Toru vaba ots on korgiga suletav. Korgist on läbi viidud klaastoru, mis juhib lagunemisel tekkivad õliaurud ja gaasid vastuvõtjasse, milleks on 100 ml mahuga Erlenmeyeri kolb. Kolbi jahutatakse katse ajal jääga või jääveega. Kolbi sulgevast korgist viib välja veel teine toru, mille välimine ots on kitsaks tõmmatud. Metalltoru kuumendamine toimub hariliku gaasipõleti abil.

Katse teostamiseks asetame metalltoru suletud otsa 15—20 g lagundatavat ainet, milleks võib olla

peenestatud põlevkivi, kivisüsi, turvas või saepuru. Pärast aparatuuri koostamist asume toru kuumutamisele gaasipõleti või mõne muu vahendi abil. Esmalt eraldub lagundatavast ainest niiskus ning seejärel algab gaasi eraldumine. Aeg-ajalt on võimalik põleva tikuga proovida peene otsaga toru juures, kas gaas süttib põlema. Eralduv gaas põleb pisut tahmase leegiga kogu katse vältel. Umbes 350—400° C juures algab õliaurude eraldumine, mis kondenseeruvad jääga jahutatavas kolvis. Koos õliaurudega eraldub ka nn. lagunemisvett. Kivisöe puhul on õli eraldumine väike, kuna põlevkivi puhul on see kõige suurem. Puit ja turvas asetsevad õlisaagi poolest nende kahe kütuseliigi vahel.

Pärast katse lõppu, mille tunnuseks on õliaurude eraldamise lakkamine, laseme retordil jahtuda ja võtame välja torusse jäänud koksi. Puidu ja turba puhul saame väärtusliku kütuse, kivisöe puhul samuti hästipõleva aine. Põlevkivikoks sisaldab aga vähe orgaanilist ainet ega ole seetõttu sobiv kütusena kasutamiseks.

Terase omaduste muutumine kuumutamisel

Raud on muutunud inimestele kõige vajalikuks metalliks. Tema kasutamisalad on väga laialdased nii tehnikas kui ka igapäevases elus. Tunneme pehmet raudtraati, mida võib kasutada sidumiseks, kuid sama läbimõõduga spiraalpuur lõikab sujuvalt pehmet terast. Tunneme lauanuge ja kahvleid, mida on kerge kõveraks painutada, kuid õhuke žiletitera vetrub kahele poole ja võtab alati tagasi oma endise kuju. Plekist konservikarbi võib haamriga kokku taguda, kuid malmist pada ja pliidirõngad purunevad ühe hoobiga. Kõiki neid esemeid tunneme ühise

nimetuse all — raudesemed, olgugi et nende omadused on täiesti erinevad.

Väikesed süsinikulisandid rauas muudavad selle omadusi tunduvalt. Kui raud sisaldab süsinikku kuni 0,25%, siis on meil tegemist pehme terasega, mida saab kergesti töödelda, aga mitte karastada. Sellepärast nimetatakse niisugust pehmet terast rahvapäraselt rauaks. Masinaehituses aga raua nimetust ei kasutata. Ka kõige madalama süsinikusisaldusega raua ühendeid nimetatakse teraseks. Nii nimetatakse mittekarastatavaid teraseid konstruktsiooniteraseiks, mis on hästi töödeldavad ja keevitatavad. Kõrgema süsinikusisaldusega (0,3—2,0%) terast nimetatakse tööriistateraseks. Sellisest terasest on valmistatud kõik lõiketerad, puurid, noad jne. Mida suurem on süsinikusisaldus, seda hapram on teras. Selles piirkonnas muutuvad terase omadused sõltuvalt termilisest töötlemisest. Kahest protsendist suurema süsinikusisaldusega raud muutub hapraks ja ei ole tavaliselt enam sepistatav. Neid raua ühendeid nimetatakse malmideks, mis oma madalama sulamistemperatuuri tõttu on sobivad valatud esemete valmistamiseks.

Võtame tarvitatud žiletitera. Tera on painduv ja vetruv, termiliselt hästi töödeldud, hea lõiketeravuse ning keskmise kõvadusega.

Kuumutame tera punase hõõgumiseni ja laseme aeglaselt tule lähedal jahtuda. Nii kordame lõõmutamist paaril korral. Tera painutades paneme tähele, et see on kaotanud oma painduvuse ja jääb kõveraks painutatud olekusse. Kuumutame jälle tera punase hõõgumiseni ja viskame kiiresti külma vette. Tera karastub. Proovides tera painutada, on tunda, et teral ei ole enam endist vetruvust. Tera on muutunud hapraks ja murdub kergesti. Murdepinnaga on võimalik klaasile jooni tõmmata. Nüüd kuumutame karastatud terast ettevaatlikult tulel sinise värvuseni.

Toimub karastatud terase noolutamine ehk järelelaskmine. Terases kaovad karastamisest tekkinud sisepinged ja teras muutub endiselt vetruvaks.

Kõik need katsed iseloomustavad terase sisestruktuuri muutusi. Terases olev süsinik moodustab rauaga ühendi, tsementiidi (Fe_3C). Kiirel jahtumisel moodustab see eri-modifikatsiooni, nn. martensiidi, mida iseloomustab eriline kõvadus. Kuumutamisel ja aeglasel jahutamisel martensiidi struktuur kaob.

Pehme terase tsementiitimine

Kuumutame pehmet sidumistraati punase hõõgumiseni ja viskame kiiresti külma vette. Kontrollides traadi painduvust on tunda, et traadi omadustes ei ole toimunud mingit muutust. Madala süsinikusisaldusega teras ei ole karastunud. Paigutame traadi puusõega täidetud konservipurgis ahju hõõguvatele sütele. Teisel päeval võtame traadi sütelte ja karastame seda eespoolkirjeldatud viisil. Traat muutub kõvaks ja murdub painutamisel.

Pehme traadiga on teostunud tehnoloogiline protsess, mida nimetatakse tsementiitimiseks. Kuumutamisel on madala süsinikusisaldusega terase välispind rikastunud süsinikuga. Välispinnal tekkiv kõrgema süsinikusisaldusega teras on karastatav.

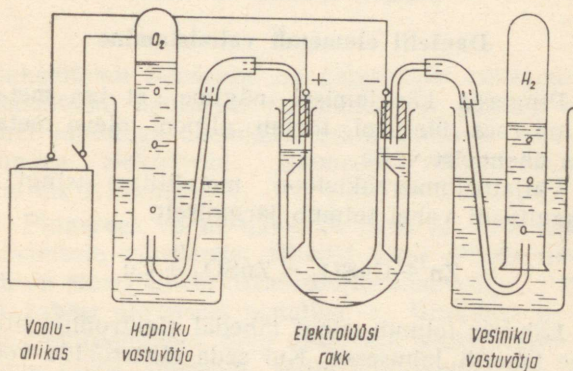
Vee elektrolüüs

Puhas destilleeritud vesi ei juhi elektrit praktiliselt. Kui lisada veele hapet, alust või soola, muutub vesi elektrijuhiks. Elektrivoolu toimel laguneb vesi elementideks — hapnikuks ja vesinikuks. Anoodile koguneb hapnik ja katoodile vesinik.

Katse läbiviimiseks on vaja alalisvoolu-allikat. Selleks võib kasutada taskulambipatareid, akumulaa-
torit või enda valmistatud alaldajat.

Allpool on toodud katseseadme skeem tasku-
lambipatarei kasutamiseks.

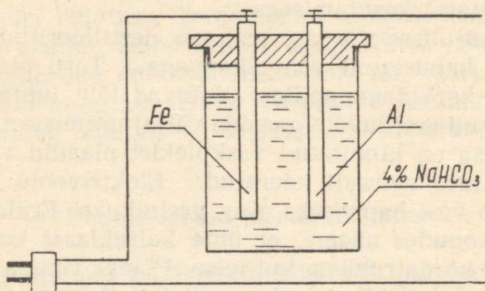
U-kujulisse torusse valame destilleeritud vett, mis on hapustatud väävelhappega. Toru otsad on suletud korkidega, millest ulatuvad läbi juhtmed ja klaastorud eralduvate gaaside väljajuhtimiseks. Juhtmete otsa on kinnitatud vaskplekist plaadid või siis on juhtmed spiraali keeratud. Elektrivoolu toimel laguneb vesi hapnikuks ning vesinikuks. Eralduvaid gaase kogudes näeme, et ühte katseklaasi koguneb gaasi 2 korda rohkem kui teise. Põleva tikuga katseklaasides olevaid gaase kontrollides võime veenduda, et ühes katseklaasis on hapnik ja teises vesinik.



Joon. 19. Vee elektrolüüs

Lihtsate vahenditega võib valmistada alaldaja, millega saab alalisvoolu otseselt valgustusvoolust. Alaldajaks on nn. sooda-alumiiniumalaldaja, mis koosneb klaasnõusse paigutatud raud- ja alumiinium-

pulgast 4%-lises söögisooda (NaHCO_3) lahuses. Ühendades alaldaja valgustusvõrku saame alalisvoolu, mida võime kasutada oma katseteks (joon.20).



Joon. 20. Sooda-alumiiniumalaldaja

Danielli elemendi valmistamine

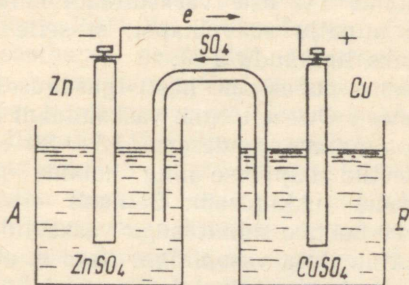
Pingerea käsitlemisel nägime, et iga metall, mis on reas ülalpool, tõrjub allpool oleva metalli tema ühendeist välja.

Väljatõrjumisreaktsioon metallilise tsingi ja vasksulfaadi vahel toimub järgmiselt:



Lahuses toimub tsingi lähedal elektronide liikumine tsingilt lahusesse. Kui seda elektronide voolu juhtida kindlas suunas juhet mööda, saame juhtmes elektrivoolu. Sellel põhimõttel on ehitatud galvaanilised elemendid, kus keemiline energia muudetakse elektrienergiaks. Üks lihtsamaid galvaanilisi elemente on Danielli element, mille skemaatiline joonis on esitatud järgmisel leheküljel.

Nõu *A* ja mõlemaid nõusid ühendav toru on täidetud 5- kuni 10%-lise tsinksulfaadi lahusega. Nõu *B* on täidetud küllastatud vasksulfaadi lahusega.



Joon. 21. Danielli element

Tsinksulfaadi lahusesse on paigutatud tsinkpulk ja vasksulfaadi lahusesse vaskpulk. Kui plaadid omavahel juhtmega ühendada, tekib joonisel näidatud suunaga elektrivool. Elemendi elektromotoorne jõud on 1,1 volti.

Pingereas võime näha, et tsink ja vask asuvad teineteisele võrdlemisi lähedal ning sellest tulenevalt on elemendi elektromotoorne jõud väike. Pingerea kahest äärmisest metallist — liitiumist ja kullast elektrodidega ning vastavate elektrolüütidega võime saada elemendi, mille elektromotoorne jõud on teoreetiliselt 4,5 volti. Muidugi ei ole sellel elemendil praktilist tähtsust, sest kuld on kallis väärismetall ja liitiumi kui leelismetalli kasutamine elektrodina on seotud tehniliste raskustega. Praktiliselt valmistatakse galvaanilisi elemente, milledes pinge ulatub kahe voldini.

Raua vasetamine vooluallikata

Metallide väljatõrjumise reaktsiooni saab kõige piltlikumalt teostada metallilise rauaga vasksulfaadi lahuses.

Valmistame 1%-lise vasksulfaadi lahuse, millele lisame niipalju väävelhapet, et selle kontsentratsioon oleks ligikaudu 1%.

Raudeseme puhastame hästi igasugusest mustusest ja roostest. Otseselt enne vasksulfaadi lahusesse asetamist paigutame raudeseme 15—30 sekundiks kontsentreeritud happesse ning hoiame seal mattlâikelise pinna tekkimiseni. Selliselt ettevalmistatud raudeset hoiame minut aega vasksulfaadi lahuses. Ese kattub ilusa vasekihiga. Kate ei ole tihe ja püsiv ning kaob tugevaval hõõrumisel.

Raudeseme pinnal toimub üheaegselt raua üleminek lahusesse ja vase sadestumine raua pinnale. Sellepärast ei saagi raua pinnal tekkida püsivat ja tihedat galvaanilist katet.

Metallide galvaaniline vasetamine

Esemete galvaanilisel katmisel omab suurt tähtsust kaetava pinna puhtus. Galvaanilise menetlusega kaetakse pinnad väga õhukese kihiga 5—10 mikronit, mis ei kata mehhaanilise töötlemise jälgi. Pind peab olema kõrvalainetest täiesti puhas. Pinnal olevad rasva- ja õliplekid jäävad katmata ning pind jääb laiguliseks. Halvasti puhastatud pind seob kattekihti nõrgalt ja see koorub kergesti maha.

Allpool on lühidalt kirjeldatud kaetavate esemete puhastamist enne galvaanilist katmist. Esmalt tuleb kaetav pind puhastada mustusest ja rasvast. Pinnal olev mustus ning rasva- või õliplekid lahustatakse orgaaniliste lahustajate (bensini, petroo-

leumi, tärpentini) abil. Võib ka keeta 1 kuni 10 %-lise seebikivi või soodalahusega. Sellele järgneb pesemine kuuma ja külma veega.

Metalli pinna puhastamiseks roostest kasutatakse peitsimist. Esemed kastetakse kangetesse hapestesse, kuni pind on täiesti puhas. Peitsimiseks kasutame 10 kuni 25 %-list väävelhapet või 10 kuni 15 %-list soolhapet, neid veidi soojendades. Eelistavam on väävelhape. Vasakesemete peitsimiseks kasutatakse kontsentreeritud lämmastikhapet, millele on lisatud 1 % kontsentreeritud soolhapet. Eseme pind muutub läikivpunaseks, kuid happest välja võetuna tumeneb kiiresti ja muutub määrdukuks. Peitsimisel tuleb hoiduda tekkivate pruunide aurude sissehingamisest, sest need on väga mürgised. Et pind jääks puhtana püsima, selleks loputame esemeid veega ning järgnevalt peitsime väävelhappe, lämmastikhappe ja vähese soolhappe seguga. Selleks võtame väävelhapet (1 : 1) 1000 ml, lämmastikhapet 80 ml ja soolhapet 2 ml. Pärast peitsimist tuleb esemed hoolikalt loputada kuuma ja külma veega ning kuivatada. Järgneb esemete lihvimine ja poleerimine.

Pärast poleerimist puhastatakse esemed nõrga soodalahusega rasvadest, loputatakse veega ja dekapeeritakse otseselt enne galvaanilisse vanni asetamist. Dekapeerimine on pinna aktiivseks muutmine 10 — 20 sekundiks 5 kuni 7 %-lisse sool- või väävelhappe lahusesse asetamise teel. Pärast seda tuleb ese väga kiiresti loputada ja hoiduda aktiivset pinda käega puudutamast. Eseme paigutame galvaanilisse vanni katoodina. Anoodiks on puhas vask.

Vanni koosseis oleneb eseme materjalist. Kui katame tina-, nikli- ja vasesulameid või söepulki kontaktidena, kasutame alljärgnevat vanni koosseisu:

vasksulfaat $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$	240 g
väävelhape H_2SO_4 (konts.)	75 g
vesi	1000 ml

Vanni pinge 2—2,5 V, voolutihedus 3—5 A/dm².

Terasesemete katmisel on vanni koosseis teist-gune, et tagada ühtlast ja tihedat katet:

vasksulfaat $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$	16 g
naatriumoksaalat $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$	17 g
naatriumsulfaat Na_2SO_4	6 g
boorhape H_3BO_3	20 g
vesi	1000 ml

Vanni pinge 2—2,3 V, voolutihedus 1—1,1 A/dm².

Galvaanilisel katmisel tuleb voolu hulka hoida enam-vähem antud piirides. Voolutihedus on arvestatud amprites kaetava pinna ühe ruutdetsimeetri kohta. Vanni temperatuur peab olema 18—20° C piirides.

Vasetamist ei kasutata dekoratiivkattena. Enamikul juhtudel kasutame vasetamist nikeldamise eeltööna, et tagada ühtlasemat katmist. Ilusama ja tihedama katte saamiseks toimetatakse vasetamist ja nikeldamist kaks korda. Esimene kiht vasetatakse, teine kiht nikeldatakse, siis jälle vasetamine ja lõpuks nikeldamine.

Nikeldamine

Enne esemete nikeldamist tuleb need samuti ette valmistada kui vasetamise juures. Pindade lihvimine ja poleerimine on enne nikeldamist väga tähtis, sest nikeldamisega püütakse alati saada

peegelsiledat pinda, kuna vasetamisel, kroomimisel ja tsinkimisel lepitakse enamasti mati pinnaga.

Katoodiks on kaetav ese ja anoodiks puhas nikkel. Viimast on asjaarmastajal raske hankida. Üks võimalusi on kasutada riknenud raadiolampide anoode, mis on valmistatud puhtast niklist.

Galvaanilise vanni koostis terase, vase ja vase-sulamite katmiseks on järgmine:

nikkelsulfaat	$\text{NiSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	70 g
magneesiumsulfaat	$\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	30 g
naatriumsulfaat	Na_2SO_4	15 g
boorhape	H_3BO_3	3 g
vesi	H_2O	1 l

Pinge on 3—3,5 V, voolutihedus 0,2—0,4 A/dm². Kasutatava elektrolüüdi happesust kontrollitakse lakmuspaberiga, mis peab muutuma nõrgalt lillaks. Liiga happelise vanni puhul lisada veidi lahjat seebikivi lahust ja liiga leelise vanni puhul mõni tilk lahjendatud väävelhapet. Peegelsileda pinna saamiseks poleeritakse nikeldatud pinnad.

Raudesemete otseseks nikeldamiseks kasutatakse sidrunhappelist vanni. Vanni koostis on järgmine:

nikkelsulfaat	$\text{NiSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	40 g
naatriumsitraat		35 g
vesi		1000 ml

Pinge on 2,2—2,5V, voolutihedus 0,27 A/dm².

Nikkelsulfaati pole igakord kerge saada, mistõttu niklisoola tuleb ise valmistada. Selleks tuleb hankida kas vanade raadiolampide anoode või galvaanilise töökoja niklijäätmeid. 100 g kontsentreeritud väävelhapet valatakse 500 ml vette. Keeduklaasi asetatakse 60 g niklijäätmeid ja valatakse happega üle. Lastakse 24 tundi seista 25—30° C

juures, seejärel keedetakse 10 minutit, filtreeritakse, aurutatakse lahus kokku ja lastakse nikkelsulfaadil välja kristalliseeruda. Kristallid filtreeritakse lahusest välja ja kuivatatakse filterpaberite vahel toatemperatuuril.

Tsinkingimine

Tsinkingimist kasutatakse peamiselt terasesemete katmiseks. Tsingitud esemed on vastupidavamad roostetamisele ja sellepärast väga levinud. Kuna tsingiga katmisel saadakse ainult hall, tuhm pind, siis esemete ettevalmistus tsinkingimiseks ei ole nii põhjalik kui nikeldamisel. Harilikult piisab keemilisest puhastusest, kuna lihvimine ja poleerimine jäävad ära. Anoodiks kasutatakse puhast tsinki. Galvaanilise vanni koosseis on tavaliselt alljärgnev:

tsinksulfaat	$ZnSO_4 \cdot 7 H_2O$	150 g
ammooniumsulfaat	$(NH_4)_2SO_4$	50 g
boorhape	H_3BO_3	10 g
vesi		1000 ml

Pinge on 2—2,5 V, voolutihedus umbes 1A/dm². Elektrolüüt on nõrgalt happeline, pH=4—4,2. Lakmuspaber muutub nõrgalt punaseks.

Katseid analüütilise keemia valdkonnast

Aine koosseisu määramine on keemias tähtsaks ülesandeks. Aine koosseisu tundmata ei saa olla mingisugust keemilist sünteesi ega olemasolevate ainete sihipärast muutmist. Aine koosseisu määramise küsimustega tegeleb analüütiline keemia. Käesoleva raamatu piirides pole meil võimalik tegelda analüütilise keemia kõikide võimalikkude

variantidega. Keemilise analüüsi süstemaatiliseks tundmaõppimiseks on vaja omandada üksikasjalised teadmised üldisest keemiast. Keemiliseks analüüsiks on veel vaja palju keemilisi reaktiive ja spetsiaalseid laboratoorseid seadmeid, mille soetamine on asjaarmastajale üle jõu käiv.

Analüütiline keemia jaguneb kvalitatiivseks ja kvantitatiivseks analüüsiks. Kvalitatiivse analüüsi eesmärgiks on selgitada üksikute elementide või elementide rühmituste leidumist uuritavas aines. Kvantitatiivse analüüsi ülesandeks aga on leida elementide või nende rühmituste hulgaline sisalduvus aines. See ülesanne eeldab täpsete kaalude ja muude seadmete olemasolu, mistõttu meil sel alal tuleb piirduda mõne lihtsa katsega.

Igapäevases elus tuleb sageli hinnata mõne aine kvaliteeti või kindlaks teha mõni tundmatu aine. Alljärgnevalt tutvume mõne lihtsama katsega keemilises analüüsis.

L e e k k a t s e d

Paljudel elementidel on omadus leeki asetatuna lenduda ja leeki värvida. Sellist katset nimetatakse leekkatseks ja tal on suur osatähtsus esialgse ettekujutuse saamiseks aine koostisest.

Katsel kasutatakse gaasipõletit või piirituslampi. Proovide jaoks on sobivaim roostevabast terasest või hõbedast traat läbimõõduga umbes 0,5 mm. Traat, millega leekproovid teostatakse, peab olema kõrvalistest ainetest täiesti puhas. Puhastamiseks tuleb traat kasta lahjendatud soolhappesse ja kuumutada leegis nii kaua, kuni leek jääb värvusetuks. Selliselt puhastatud traat asetatakse lahjendatud soolhappesse ja siis uuritavasse ainesse. Väike ainehulk jääb traadi külge, mida siis leegis kuumu-

tatakse. Kuumutada tuleb leegi alumises osas. Olevalt ainest värvub leek järgmiselt.

Naatriumi puhul värvub leek kollaseks. Seda võib proovida keedusoolaga (NaCl) või pesusoodaga (Na_2CO_3). Reaktsioon on väga tundlik ja nõuab muude ainete tõestamisel suuri kogemusi, et naatriumi kollase leegi kõrval märgata teisi. Looduses leidub naatriumi jälgedena kõigi ainete kõrval ja seepärast näeme leekkatsetel alati kollast värvust.

Kaaliumil on lilla leek. Prooviks võtame potasit (K_2CO_3) või kaaliumkloriidi (KCl). Kuna tehnilistes ainetes kaaliumi kõrval esineb alati suurel hulgal ka naatriumi, siis katab viimase värvus kaaliumi lilla värvuse. Kaaliumi leegi jälgimiseks kasutatakse sinist koobaltklaasi. Sinine klaas neelab kollaseid kiiri ja laseb läbi teisi. Kui proovis leidub kaaliumi, siis näeme läbi koobaltklaasi leeki jälgides selgelt lilla leegi sähvatusi.

Liitiumi (Li) ja strontsiumi (Sr) puhul on leek karmiinpunane. Prooviks kasutame liitiumi soolasid. Leegi värvus on väga ilus, kuid vastavad soolad on küllaltki kallid ja nende hankimine raske. Strontsiumi omadust leeki punaseks värvida kasutatakse laialdaselt ilutulestiku valmistamisel. Kui visata tulle strontsiumnitraati, tekib ilus punane värvus.

Kaltsium (Ca) värvib leegi telliskivipunaseks. Prooviks kasutame kriiti (CaCO_3) või lupja [$\text{Ca}(\text{OH})_2$]. Värvus ilmneb alles pikaajalisel kuumutamisel.

Vask (Cu) värvib leegi roheliseks. Prooviks kasutame vasksulfaati (CuSO_4).

Baarium (Ba) värvib leegi roheliseks. Katseks võtta baariumkloriidi või baariumsulfaati. Baariumi soolasid kasutatakse samuti ilutulestiku valmistamiseks.

Süsiniku ja vesiniku olemasolu kindlakstegemine aines

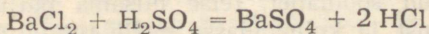
Tundmatu aine kindlakstegemisel on esmalt vaja selgusele jõuda, kas aine kuulub anorgaaniliste või orgaaniliste ainete valdkonda. Orgaanilise aine tunnuseks on enamikul juhtudel aine põlemine ja musta söe tekkimine aine kuumutamisel. Orgaaniliste ainete oluliseks tunnuseks on süsiniku ja vesiniku olemasolu. Nende elementide kindlakstegemiseks teostame järgmise katse.

Raputada väikesesse katseklaasi veidikene peenikest vaskoksüüdi (tekib vase kuumutamisel õhus), lisada uuritavat ainet ja segada vaskoksüüdiga läbi. Katseklaas sulgeda korgiga, millest ulatub läbi kõver klaastoru. Klaastoru vaba ots ulatub baariumhüdrosüüdi lahusesse. Katseklaasi kuumutatakse tulel. Aines leiduva süsiniku põlemisel tekiv süsihappegaas muudab baariumhüdrosüüdi lahuse häguseks, tekib lahustumatu baariumkarbonaat. Vesiniku olemasolu aines tõestab aga veetilkade kondenseerumine katseklaasi jaheda osa seintele.

Uurige toodud meetodi kohaselt suhkrut, tärklist, puitu jt. orgaanilisi aineid.

Väävelhappe tõestamine

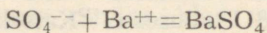
Väävelhappe ja tema soolade tõestamisel kasutatakse baariumkloriidi (BaCl_2) vesilahust, mis väävelhappe või selle sooladega reageerides annab hapetes lahustumatu sademe — baariumsulfaadi (BaSO_4):



Uhte katseklaasi valame mõne ml destilleeritud vett ja paar tilka kontsentreeritud väävelhapet. Tei-

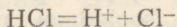
ses katseklaasis lahustame naatriumsulfaati (Na_2SO_4). Eraldi pudelisse valmistame 10%-lise baariumkloriidi (BaCl_2) vesilahuse. Kui valada katseklaasidesse 2—3 ml baariumkloriidi vesilahust, tekib valge peen kristalne sade. Lisades katseklaasidesse veidi kontsentreeritud soolhapet või väävelhapet, võime veenduda, et tekkinud sade on hapest lahustumatu.

Antud reaktsioon on tüüpiline sulfaatiooni tõestamiseks. Reaktsioon tuleb läbi viia happelises lahuses, sest baariumkloriid annab sademe ka karbonaat- (CO''_3) ja fosfaatiooniga (PO'''_4), mis aga hapest lahustuvad. Antud reaktsiooni võib kujutada ioonreaktsioonina, nagu seda analüütilises keemias tihti märgitakse:



Soolhappe tõestamine

Soolhappe soolad ehk kloriidid on looduses väga levinud. Merevesi sisaldab umbes 3% keedusoola. Keedusoola leidub ka maa-alustes soolakaevandustes. Põlluväetisena on tuntud kaaliumkloriid ehk kaalisool. Soolhapet puhtal kujul esineb harvem. Maomahlas leidub vaba soolhapet umbes 0,2%. Soolhappe tõestamine on sisuliselt klooriiooni tõestamine, sest soolhape on vesilahuses lagunenu järgmiselt:



Kolme katseklaasi valame: esimesse umbes 4 ml lahjendatud soolhapet, teise niisama palju keedusoola lahust ja kolmandasse meile tuntud baariumkloriidi lahust. Eraldi katseklaasi valmistame 1%-lise hõbenitraadi lahuse (AgNO_3), mida kasu-

tame reaktiivina. Kui igasse katseklaasi valada umbes 1 ml hõbenitraadi lahust, tekib valge tihe hõbekloriidi (AgCl) sade. Juba väga väikesed soolhappe hulgad on avastatavad selle reaktiiviga. Lisades katseklaasi veidi lämmastikhapet, proovime sademe lahustuvust. Hõbekloriidi sade jääb lämmastikhappes lahustumatuks.

Hõbeda tõestamine

Hõbeda olemasolu mõnes esemes võib kontrollida võrdlemisi lihtsalt alljärgneval viisil.

Eseme vähem silmapaistvale kohale tilgutada pipetiga mõni tilk kontsentreeritud lämmastikhapet. Enne katse tegemist tuleb eseme pind bensiini abil rasvast puhastada. On näha, kuidas lämmastikhappe metalli pinnal gaase eraldab. Toimub metalli lahustumine happes. Kui reaktsioon on vaibunud, uhitakse happetilgad metallilt destilleeritud veega ettevaatlikult katseklaasi. Tavaliselt on lahus rohekas-sinist värvi, mis on tingitud vase olemasolust uuritavas metallis. Nüüd lisame lahusele katseklaasis lahjendatud soolhapet või keedusoola lahust. Hõbeda juuresolekul tekib valge piimjas sade (AgCl).

Nagu eeltoodust nähtub, kasutatakse hõbeda tõestamiseks meile juba tuntud reaktsiooni, ainult vastupidises järjestuses. Kui eespool tõestasime hõbenitraadi abil kloori, siis antud juhul tõestasime hõbeda esinemist kloori iooni abil.

Analüütilises keemias esineb tihti selliseid vastastikuseid tõestamisi, kus üks aine on ühel juhul tõestatavaks elemendiks ja teisel juhul tõestamiseks kasutatavaks reaktiiviks. Näiteks kasutatakse väävelhappe tõestamiseks baariumi sooli ja vastupidi, baariumi tõestamiseks kasutatakse väävelhappe sooli.

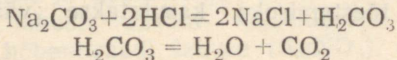
Lämmastikhappe tõestamine

Kloori ja sulfaatiooni tõestamisel on iseloomustavaks lahustumatu sademe tekkimine. Lämmastikhappe ja tema soolade tõestamine ei ole sadestusreaktsioonidega võimalik, sest kõik lämmastikhappe soolad on vees hästi lahustuvad. Lämmastikhappe tõestamiseks kasutatakse värvireaktsiooni, mis tekib nitraatiooni reageerimisel kaheväärsse raudsulfaadi ja väävelhappega.

Nitraatiooni sisaldava lahuse saamiseks lisame veele mõne tilga lahjendatud lämmastikhapet või lahustame vees nootsatäie naatriumsalpeetrit (NaNO_3) või ammooniumsalpeetrit (NH_4NO_3). Saadud lahusest valame katseklaasi 5 ml, hapustame nõrgalt väävelhappega ja lisame ligikaudu 1,5 ml küllastatud raudsulfaadi lahust (FeSO_4). Pipetiga võtta 2 ml kontsentreeritud väävelhapet, mida mööda längu lastud katseklaasi seina ettevaatlikult lasta alla voolata. Kui katset ettevaatlikult teostada, valgub erikaalult raskem väävelhape katseklaasi põhja. Kontsentreeritud väävelhape ja lahuse piiril tekib vähema lämmastikhappe sisalduse juures lilla ja suurema lämmastikhappe sisalduse juures pruun ring. Värvus on tingitud raudnitrosulfaadi $\text{Fe}(\text{NO})\text{SO}_4$ tekkimisest.

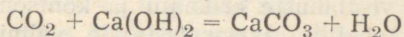
Süsihappe tõestamine

Looduses esineb süsihape paljudes ühendites seotuna. Igapäevases elus on hästi tuntud sooda (Na_2CO_3), söögisooda (NaHCO_3), potas (K_2CO_3), kriit, marmor ja paekivi (CaCO_3). Süsihape on kergesti tõestatav, kuna kõik happed tõrjuvad süsihappe sooladest välja süsihappegaasi:

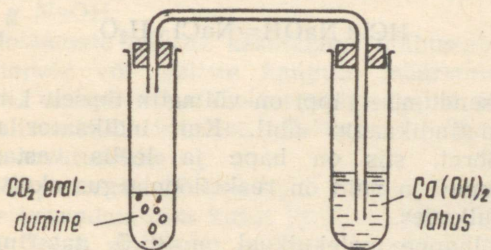


Süsihappegaas eraldub süsihappest seepärast, et süsihape on väga ebapüsiv, lagunedes süsihappegaasiks ja veeks. Seega on eralduv süsihappegaas ühtlasi süsihappe tõestajaks.

Süsihappe tõestamiseks võtame katseklaasi veidikene uuritavat ainet. Tilgutame ainele lahja sool-, väävel- või äädikhapet. Süsihappe soolade puhul eraldub mullikestena gaasi. Eralduva gaasi kindlakstegemiseks kastame klaaspulga kaltsiumhüdrosüüdi lahusesse ja hoiame märga pulka katseklaasi ava kohal. Kui katseklaasist eralduv gaas on süsihappegaas, siis ilmub klaaspulgale valge hägu, mis on tingitud kaltsiumkarbonaadi tekkimisest:



Kaltsiumhüdrosüüdi lahuse valmistamiseks segatakse umbes 5 g lupja (CaO) 100 ml destilleeritud veega. Seejärel lastakse lahusel pool tundi seista ja filtreeritakse. Selge filtraat on nõrgalt leelise reaktsiooniga. Süsihappe soolade ehk karbonaatide tõestamiseks võib kasutada ka kahest katseklaasist valmistatud lihtsat aparatuuri (joon. 22). Ühes katse-



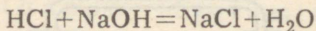
Joon. 22. Süsihappe soolade tõestamine

klaasis eralduv süsihappegaas voolab klaastoru kaudu läbi teises katseklaasis oleva lubjavee, andes valge sademe.

Hapete ja leeliste kontsentratsiooni määramine

Igapäevases elus tekib sageli vajadus kindlaks määrata hapete või leeliste kontsentratsiooni ehk kangust. Väga sagedasti kasutatakse selleks otstarbeks erikaalu määramist. Iga happe või leelise vesilahuse erikaal on otseselt sõltuv tema kontsentratsioonist. Igas keemiakäsiraamatus on toodud hapete ja leeliste vesilahuste erikaalu ja kontsentratsiooni olenevuse tabelid. Asjaarmastajale valmistab aga selline määramine tõsiseid raskusi, kuna vähegi täpsete tulemuste saamiseks on vaja tervet areomeetrite komplekti, mis võimaldavad mõõtmisi läbi viia mitmesuguste erikaalude piirkonnas.

On olemas ka teine meetod hapete ja leeliste kontsentratsiooni määramiseks. Hape ja leelis neutraliseerivad ehk kesendavad üksteist vastastikku. Nii näiteks toimub soolhappe ja naatriumhüdroksüüdi vahel kesendusreaktsioon



Kesendumise täppi on võimalik täpselt kindlaks määrata indikaatori abil. Kui indikaator näitab värvipööret, siis on hape ja leelis vastastikku kesendunud ja neid on reaktsioonisegus ekvivalentsetes hulkades.

Soolhappe molekulkaal on 36,5, naatriumhüdroksüüdil aga 40,0. Seega 36,5 g soolhapet neut-

raliseerib 40,0 g naatriumhüdroksüüdi. Eeltoodud reaktsioonivõrrandit võime arvudes kirjutada järgmiselt:

$$36,5 + 40,0 = 58,5 + 18,0$$

Kui meil tundmata kangusega soolhappe neutraliseerimiseks kulus 10,0 g naatriumhüdroksüüdi, siis pidi neutraliseeritavas happes olema

$$\frac{10,0 \cdot 36,5}{40,0} = 9,1 \text{ g HCl}$$

Selline moodus happe või leelise hulga määramiseks on muidugi väga kohmakas. Kui lahustada ühes liitris vees 40,0 g naatriumhüdroksüüdi ja teises liitris vees 36,5 g kloorvesinikku, siis sisaldavad mõlemad liitrilised kogused lahust ekvivalentseid hulgasid hapet ja leelist ning nende kokkuvalamisel nad kesendavad üksteist. Sama kehtib ka iga teise võrdse hulga lahusepaari kohta. Nii kesendab näiteks 1,0 ml antud soolhappe lahust 1,0 ml naatriumhüdroksüüdi jne.

Lahust, kus üks gramm-mool ainet on lahustatud liitris vees, nimetatakse molaarseks lahuseks. Molaarne soolhappe sisaldab liitris seega 36,5 g kloorvesinikku, molaarne naatriumhüdroksüüd aga 40,0 g NaOH.

Molaarsete lahuste kasutamine hõlbustab tunduvalt hapete või leeliste kanguse määramist, sest võrdsed mahud sama molaarsusega leelist ja hapet neutraliseerivad üksteist. Eeltoodu selgitamiseks toome arvutusnäite:

25 g naatriumhüdroksüüdi tundmatu kangusega lahuse kesendamiseks kulus 20,5 ml molaarset soolhapet. Tuleb arvutada, millise kangusega oli naatriumhüdroksüüdi ehk seebikivi lahus.

1000 ml molaarset HCl neutraliseerib 40,0 g NaOH,

20,5 ml molaarset HCl neutraliseerib x g NaOH.

$$x = \frac{40,0 \cdot 20,5}{1000} = 0,82 \text{ g}$$

Kuna 25 g naatriumhüdrosüüdi lahust sisaldab 0,82 g NaOH, siis 100 g lahust sisaldab

$$0,82 \frac{100}{25} = 3,28 \text{ g NaOH}$$

Seega sisaldab tundmatu lahus 3,28% NaOH.

Tavaliselt tuleb esinevate hapete määramiseks esmalt valmistada molaarne naatriumhüdrosüüdi lahus. Selleks on teoreetiliselt vaja lahustada 40,0 g NaOH ühes liitris vees. Kuna aga naatriumhüdrosüüd pole kunagi 100-protsendiline, siis tuleb tahket NaOH lahustada umbes 44 g. Lihtsamate tööde jaoks jätkub sellest täpsusest, kuid tavaliselt tuleb määrata tõeline naatriumhüdrosüüdi hulk lahuses. Selleks on vaja kasutada mõnda puhast hapet, näiteks bensoehapet.

Näiteks kulus 2,4 g bensoehappe (moolkaal 122) neutraliseerimiseks 19,0 ml valmistatud naatriumhüdrosüüdi lahust. Seega sisaldab valmistatud naatriumhüdrosüüdi lahus

$$\frac{2,4 \cdot 1000}{122 \cdot 19,0} = 1,04 \text{ mooli NaOH/l}$$

ehk antud lahus on 1,04 molaarne. NaOH tegelik hulk liitri kohta on $1,04 \cdot 40,0 = 41,6 \text{ g/l}$.

Kasutame valmistatud naatriumhüdrosüüdi lahust äädikhappe kontsentratsiooni määramiseks. Keeduklaasi kaalume 5 g määratavat äädikhapet ja

lisame indikaatorina mõne tilga fenoolftaleiini. Nüüd tilgutame 0,1 ml jaotustega büretist naatriumhüdroksüüdi lahust kuni nõrga roosaka värvuse tekkimiseni. Olgu leeliselahuse kulu 24 ml, äädikhappe moolkaal aga on 60,05.

1000 ml 1,04 molaarset NaOH neutraliseerib 60,05 · 1,04 g äädikhapet,

24 ml 1,04 molaarset NaOH neutraliseerib x g äädikhapet.

$$x = \frac{60,05 \cdot 1,04 \cdot 24}{1000} = 1,50 \text{ g}$$

Seega sisaldab 5 g tundmatut äädikhapet 1,50 g sajaprotsendilist äädikhapet ehk 100 g antud lahust sisaldab

$$1,50 \frac{100}{5} = 30,0 \text{ g äädikhapet.}$$

Määratud äädikhape on 30,0%-line.

Samasugust määramisviisi võib kasutada ka kõikide teiste hapete kontsentratsiooni määramiseks. Sellist analüüsimeetodit nimetatakse mahtanalüüsiks ehk volumetriaks. Toimingut, kus üht vedelikku teisele büretist juurde lisatakse kuni neutraliseerimise täpini, nimetatakse tiitrimiseks. Tiitrimine on laialt levinenud analüüsimeetod nii keemialaboratooriumides kui ka paljude tööstuslike kontrollide teostamisel.

Sisukord

Eessõna	3
Ohutustehnika nõudeid kemikaalidega töötamisel	5
Esmaabist kemikaalidega töötamisel	6
Abinõud laboratoorsete tööde teostamiseks	7
Klaastoru lõikamine ja painutamine	14
Klaasi hõbetamine	16
Ainete puhastamine kristalliseerimise teel	17
Ainete puhastamine destilleerimise teel	20
Ainete puhastamine sublimeerimise teel	21
Adsorptsioon söega	23
Ainete lahutamine kromatograafilise adsorptsiooni meetodil	24
Madalate temperatuuride saamine	27
Lahused	28
Vee ja bensiini segamine	29
Ruumala muutus vedelike segamisel	30
Soojusefektid lahustumisel	30
Lahuste valmistamine	31
Lahuste lahjendamine	32
Happed ja alused	33
Hapete toime metallidele	35
Soolhape	35
Lämmastikhape	36
Väävelhape	39
Alused	43
Naatriumhüdrosüüdi valmistamine	44
Seebikivi toime riietele	45
Leeliste toime metallidele	45
Soolade saamine	46
Soola tekkimine metalli lahustumisel happes	46
Soola saamine happe ja aluse vastastikusel toimel	47
Soola saamine asendusreaktsiooniga	48
Kroomkollase saamine	49
Berliini sinise saamine	49
Valguskopeerimine	50
Vesinikioonide kontsentratsioon	51

Reaktsiooni kineetika	54
Hapendamine ja taandamine	56
Hapniku saamine	58
Raua ja söe hapendumine	60
Plii ja tsingi hapendumine	61
Reaktsioonid kloorlubjaga	62
Pleegitamine otseselt kloorlubjaga	64
Pleegitamine vesinikülihapendiga	65
Hapendamine kaaliumpermanganaadiga	66
Alkoholi süttimine kaaliumpermanganaadi toimel	67
Kaaliumpermanganaat oksüdeerijana koduses majapidamises	67
Vesiniku valmistamine	68
Paukgaasi plahvatus	70
Vesinik on õhust kergem gaas	71
Taandamine vesinikuga	72
Taandamine söega	74
Katsed seebiga	75
Seebi keetmine	75
Emulsiooni valmistamine	76
Vaba rasvhappe valmistamine	77
Seebi käitumine karedas vees	78
Aminoplasti valmistamine	78
Fenoplasti valmistamine	80
Katsed valkudega	81
Valgu lahuse valmistamine	82
Valgu koagulatsioon	82
Valkude kindlaksmääramine	83
Liimi valmistamine	83
Katsed suhkruga	84
Lihtsuhkru reaktsioon Fehlingi lahusega	84
Peedisuhkru lahutamine glükoosiks ja fruktoosiks	85
Kunstmee valmistamine	86
Orgaanilise aine termiline lagunemine	86
Terase omaduste muutumine kuumutamisel	88
Pehme terase tsementiitimine	90
Vee elektrolüüs	90
Danielli elemendi valmistamine	92
Raua vasetamine vooluallikata	94
Metallide galvaaniline vasetamine	94
Nikeldamine	96
Tsinkimine	98
Katseid analüütilise keemia valdkonnast	98

Leekkatsed	99
Süsiniku ja vesiniku olemasolu kindlakstegemine aines	101
Väävelhappe tõestamine	101
Soolhappe tõestamine	102
Hõbeda tõestamine	103
Lämmastikhappe tõestamine	104
Süsihappe tõestamine	104
Hapete ja leeliste kontsentratsiooni määramine	106

Аарна Агу Янович, Арумээл Эдгар Хансович

ПРОСТЫЕ ОПЫТЫ В ХИМИИ

На эстонском языке

Эстонское Государственное Издательство

Таллин, Пярнуское шоссе, 10

*

Toimetaja R. M ä g i

Tehniline toimetaja E. L u m e t

Korrektor O. S e p p

Ladumisele antud 22. IX 1959. Trükkimisele antud 26. XII 1959. Paber 70×92.

^{1/32}. Trükipoognaid 3,5. Formaadile 60×92 kohaldatud trükipoognaid 4,09.

Arvutuspoognaid 3,97. Trükiarv 8000. MB-10435. Tellimuse nr. 3286.

Hans Heldemanni nim. trükikoda, Tartu, Ülikooli 17/19.

Hind rbl. 2.20

Rbl. 2.20

A-22928

//

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00327702 9