

Martin Saar Neeme Katt

KEEMIA ÕPIK IX KLASSILE

maurus



Väljaandja kinnitab õpiku vastavust kehtivale põhikooli riiklikule õppekavale ning haridus- ja teadusministri poolt õppekirjandusele kehtestatud nõuetele.

KEEMIA ÕPIK IX KLASSILE

Autorid: Martin Saar, Neeme Katt

Retsensendid: Einike Reinvelt, Katrin Soika

Toimetaja: Andrus Kangro

Keeletoimetaja: Anu Kell

Kujundus: Imbi Kromanov

Joonised: Imbi Kromanov, Heiko Unt

Molekulimudelid: Tarmo Tamm

ISBN 978-9916-738-76-4

Maurus Kirjastus OÜ, 2025

Esmatrükk 2016. Uuendatud trükk 2025.

Trükk:Printon Trükikoda

Tartu mnt 74,

10144, Tallinn,

Telefon: 5919 6117

tellimine@kirjastusmaurus.ee www.kirjastusmaurus.ee

Kõik õigused käesolevale väljaandele on seadusega kaitstud. Ilma autoriõiguse omaniku kirjaliku loata pole lubatud ühtki selle väljaande osa paljundada ei mehaanilisel, elektroonilisel ega muul viisil.

Sisukord

I. ANORGAANILISTE AINETE PÕHIKLASSID	5
1. Oksiidid. Happelised ja aluselised oksiidid.....	5
2. Tugevad ja nõrgad happed. Hapete keemilised omadused	11
3. Alused ja nende liigitamine. Aluste keemilised omadused	19
4. Seosed anorgaaniliste ainete põhiklasside vahel. Soolade saamise võimalusi	25
5. Lahuste koostise arvutused (tiheduse arvestamisega)	31
6. Ainete lahustuvus vees, selle sõltuvus temperatuurist	35
7. Anorgaanilised ühendid looduses ja igapäevaelus	42
8. Põhilised keemilise saaste allikad. Keskkonnaprobleemid	51
II. AINE HULK. MOLAARARVUTUSED	55
9. Aine hulk. Mool	55
10. Molaarmass	59
11. Gaasi molaarruumala	63
12. Aine massi jäävus keemilistes reaktsioonides	68
13. Arvutused reaktsioonivõrrandite põhjal	71
III. SÜSINIK JA SÜSINIKUÜHENDID	77
14. Süsinik lihtainena	77
15. Süsiniku oksiidid	82
16. Süsivesinikud. Hüdrofiilsed ja hüdrofoobsed ained	85
17. Molekulimudelid ja struktuurivalemid. Süsinikuühendite paljususe	90
18. Süsivesinikud looduses ning nende kasutusala	99
19. Süsivesinike täielik põlemine	103

20. Alkoholid	107
21. Karboksüülhapped	114

IV. SÜSINIKUÜHENDITE ROLL LOODUSES.

SÜSINIKUÜHENDID MATERJALIDENA	121
22. Ekso- ja endotermilised reaktsioonid	121
23. Süsinikuühendid kütusena	126
24. Polümeerid. Plastid. Kiudained	134
25. Eluks olulised süsinikuühendid: sahhariidid, valgud, rasvad	142
26. Tarbekeemiasaadused	152

METALLIDE ELEKTROKEEMILISE AKTIIVSUSE RIDA	157
--	-----

ALUSTE JA SOOLADE LAHUSTUVUS VEES	157
---	-----

KEEMILISTE ELEMENTIDE PERIOODILISUSTABEL	158
--	-----

ÕPIKUS KASUTATUD PILDID	160
-------------------------------	-----

I. Anorgaaniliste ainete põhiklassid

1. Happelised ja aluselised oksiidid

MIKS ÕPPIDA TUNDMA HAPPELISI JA ALUSELISI OKSIIDE?

Tähtsamate oksiidide ja nende rakendustega tutvusid põgusalt juba 8. klassis. Meenutame, et oksiidid on ained, mis koosnevad kahest keemilisest elemendist, millest üks on hapnik. Oksiididel on küll sarnane koostis, kuid nende keemilised omadused võivad olla väga erinevad. Oksiide liigitatakse keemiliste omaduste alusel happelisteks ja aluselisteks oksiidideks. Juba inglise keemik Joseph Priestley pani tähele, et süsinikdioksiidi juhtimisel vette moodustus meeldiv kergelt hapuka maitsega lahus. Selles õppetükis tutvudki, kuidas nii happelised kui ka aluselised oksiidid reageerivad veega.

Tegelikult on oksiide nelja liiki: lisaks nimetatutele veel amfooteersed ja neutraalsed oksiidid.¹

MIDA ÕPPISID OKSIIDIDE KOHTA 8. KLASSIS?

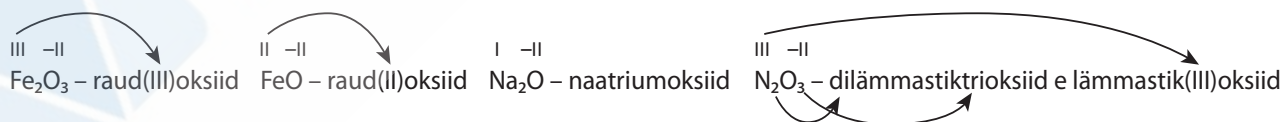
Oksiidide nimetuse üldkuju on:

elemendi nimi + (o.a) + oksiid.

Kui metallilise elemendi o.a ühendis on kindel (IA, IIA, IIIA), siis seda nimetusse ei lisata. Mittemetallioksiidide nimetustes eelistatakse tähistada elementide aatomite arve kreeka keelsete eesliidetega:

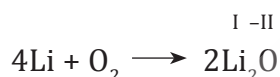
2 – di-, 3 – tri-, 4 – tetra-, 5 – penta-, 6 – hekso-, 7 – hepta-, 8 – okta-, 9 – nona-, 10 – deka-

Näited:



¹ Õpiku serval toodud punktiiriga eristatud kommentaarid on mõeldud silmaringi laiendamiseks ja õpitava sügavamaks mõistmiseks, mitte aga äraõppimiseks.

Oksiidid tekivad liht- ja liitainete reageerimisel hapnikuga. Reaktsioonivõrrandite koostamisel pea silmas, et hapniku molekuli valem on O_2 . Oksiidi valemi koostamisel kasutatakse oksüdatsiooniastmeid. Reaktsioonivõrrand tuleb tasakaalustada.



MIS ON HAPPELINE OKSIID?

Happelised oksiidid on hapetele vastavad oksiidid.

Tuntumad happelised oksiidid on mittemetallioksiidid.

Tabelisse on koondatud olulisemad happed ja nendele vastavad oksiidid. Ainult nendel hapetel, mis sisaldavad hapnikku, on vastav happeline oksiid. Happed ja vastavas happelises oksiidis on mittemetallilisel elemendil sama o.a.

Kõik mittemetallioksiidid ei ole happeliste omadustega. Näiteks CO, NO ning N_2O on neutraalsed oksiidid (neil puuduvad nii happelised kui ka aluselised omadused).

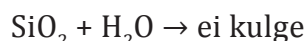
Hape	Vastav happeline oksiid
^{VI} H_2SO_4 – väävelhape	^{VI} SO_3 – vääveltrioksiid
^{IV} H_2SO_3 – väävlhape	^{IV} SO_2 – vääveldioksiid
^{IV} H_2CO_3 – süsihape	^{IV} CO_2 – süsinikdioksiid
^V H_3PO_4 – fosforhape	^V P_4O_{10} – tetrafosfordekaoksiid
^{IV} H_2SiO_3 – ränihape	^{IV} SiO_2 – ränidioksiid
^V HNO_3 – lämmastikhape	^V N_2O_5 – dilämmastikpentaoksiid

MIS MOODUSTUB HAPPELISE OKSIIDI REAGEERIMISEL VEEGA?

Enamik happelisi oksiide reageerib veega. See on ühinemisreaktsioon, mille käigus moodustub oksiidile vastav hape.



Tuntumatest happelistest oksiididest ei reageeri veega ränidioksiid SiO_2 , mis on ühtlasi liiva põhikomponent.

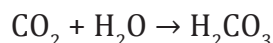


Paljud hapnikhapped lagunevad kuumutamisel vastavaks oksiidiks ja veeks, nt ränihape:



KUS LEIAB ASET HAPPELISE OKSIIDI REAGEERIMINE VEEGA?

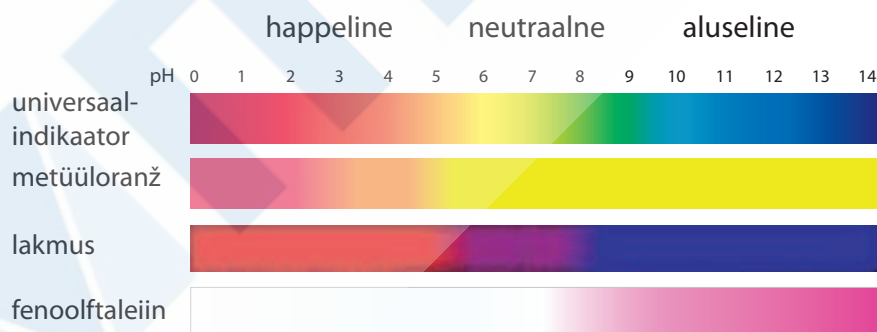
Argielus puutume kokku süsinikdioksiidi ja vee vahelise ühinemisreaktsiooniga. Süsinikdioksiidi lahustumisel vees reageerib osa sellest veega ning moodustub süsihape:



See reaktsioon kulgeb nii jookide gaseerimisel kui ka atmosfääris oleva süsihappegaasi lahustumisel vihmavees. Seetõttu on ka puhas vihmavesi alati kergelt happeline ($\text{pH} \approx 5,6$).



Kuiva jää ehk tahke CO_2 lahustumisel vees alaneb lahuse pH (universaalindikaator värvub rohelisest kollaseks).

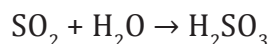


Lahuse pH-d on võimalik hinnata indikaatori värvuse järgi.



Väävli põlemisel moodustuva vääveldioksiidi lahustumisel vees moodustub väävlhape. Väävlhape muudab metüüloranži lahuse punaseks.

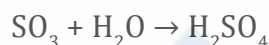
Atmosfääris reageerivad veega ka mitmed teised gaasilised mittemetallioksiidid. Tuntum neist on vääveldioksiid, mille lahustumisel vees kulgeb keemiline reaktsioon, mille käigus moodustub väävlhape.



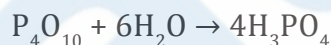
See reaktsioon põhjustab **happesademeid**, millega tutvume lähemalt 8. õppetükis.

KUIDAS KASUTATAKSE HAPPELISE OKSIIDI REAGEERIMIST VEEGA?

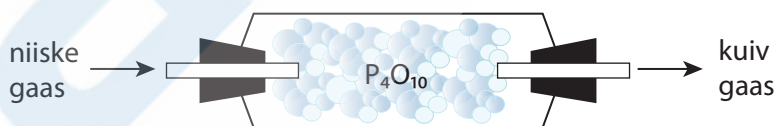
Happelise oksiidi reageerimist veega kasutatakse keemiatööstuses hapete valmistamiseks. Väävlhappe tööstusliku saamise viimases etapis kulgeb vääveltrioksiidi reageerimine veega:



Laboratoorselt kasutatakse tahke tetrafosfordekaoksiidi P_4O_{10} reageerimist veega ainete kuivatamiseks: P_4O_{10} seob ainetest niiskust, muundudes selle käigus fosforhappeks.



Gaasi kuivatamine P_4O_{10} -ga.



MIS ON ALUSELINE OKSIID?

Aluselised oksiidid on alustele vastavad oksiidid.

Metallioksiidid on tavaliselt aluselised oksiidid.

Aluses ja aluselises oksiidis on metallilise elemendi o.a sama.

Näiteks on naatriumhüdroksiidile NaOH vastav oksiid Na_2O .

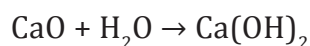
Mõningatele metallioksiididele on iseloomulikud ka happelised omadused (nt CrO_3 , Mn_2O_7). Mõned metallioksiidid on amfoteersed, s.t samaaegselt happeliste ja aluselist omadustega (nt Al_2O_3 , ZnO , Cr_2O_3).

MIS MOODUSTUB ALUSELISE OKSIIDI REAGEERIMISEL VEEGA?

Veega reageerivad leelistele vastavad ehk tugevalt aluselised oksiidid. Need on IA rühma ja IIA rühma (alates kaltsiumist) metalliliste elementide oksiidid. Nende reageerimisel veega kulgeb ühinemisreaktsioon ning moodustub vastav alus (hüdroksoid).

aluseline oksiid + $H_2O \rightarrow$ tugev alus ehk leelis
(IA ja IIA alates Ca metallioksiid)

Kaltsiumoksiidi reageerimisel veega moodustub kaltsiumhüdroksoid:



Seda reaktsiooni nimetatakse lubja kustutamiseks. Meenutame, et CaO rahvapärane nimetus on kustutamata lubi ning lubimördi valmistamiseks kasutatava $Ca(OH)_2$ rahvapärane nimetus on kustutatud lubi.



Nõrgalt aluselised oksiidid veega ei reageeri.
Näiteks: $FeO + H_2O \rightarrow$ ei kulge

1	H		
3	Li	4	Be
11	Na	12	Mg
19	K	20	Ca
37	Rb	38	Sr
55	Cs	56	Ba
87	Fr	88	Ra

Sinisega on märgitud metallilised elemendid, mille oksiidid reageerivad veega.

CaO reageerimisel veega moodustub leelis, mida näitab fenoolftaleiini värvumine vaarikpunaseks.

Hüdroksoidid (v.a IA rühma metallide omad) lagunevad kuumutamisel vastavaks oksiidiks ja veeks:
 $Fe(OH)_2 \rightarrow FeO + H_2O$

Kokkuvõte

1. Happelised oksiidid on hapetele vastavad oksiidid.
Tuntumad happelised oksiidid on mittemetallioksiidid.
2. Aluselised oksiidid on alustele vastavad oksiidid.
Metallioksiidid on tavaliselt aluselised oksiidid.
3. Happelise oksidi reageerimisel veega tekib hape:
happeline oksiid (mittemetallioksid) + $\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ hape (v.a SiO_2)
4. Aluselise oksidi reageerimisel veega tekib alus:
aluseline oksiid (IA ja IIA alates Ca metallioksid) + $\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ tugev alus ehk leelis

SELLE ÕPPETÜKI LÄBIMISE JÄREL PEAKSID

uurima happeliste ja aluseliste oksiidide keemilisi omadusi:

- happeline oksiid + vesi,
- (tugevalt) aluseline oksiid + vesi.

koostama vastavate reaktsioonide võrrandeid.

2. Tugevad ja nõrgad happed. Hapete keemilised omadused

MIKS ÕPPIDA HAPETE LIIGITAMIST JA KEEMILISI OMADUSI?

Argielus kasutatakse mitmesuguseid happeid. Erinevate hapete sama kontsentratsiooniga lahuste omadused võivad olla erinevad: osa reageerib metallidega kiiremini kui teised, mõne pH on madalam kui teisel jne. See on tingitud hapete erinevast tugevusest. Selle õppetüki läbimise järel mõistad, mille alusel happeid tugevateks ja nõrkadeks liigitatakse. Ühtlasi õpid, kuidas reageerivad happed eelmisest õppetükist tuttavate aluseliste oksiididega.

Kontsentratsioon näitab aine või aineosakeste sisaldust lahuse ruumalaühiku kohta.

MIDA ÕPPISID HAPETE KOHTA 8. KLASSIS?

Happed on ained, mis annavad lahusesse vesinikioone H^+ . Happed koosnevad vesinikust ja happeanioonist. Tähtsamate hapete anioonid on esitatud lahustuvustabelis. Kuna vesinikiooni laeng on $1+$, siis on happeaniooni negatiivne laeng võrdne vesiniku aatomite arvuga happe molekulis.

Happed reageerivad metallide ja alustega. Happed ei ole võrdse tugevusega.

Tabelis on esitatud olulisemate anorgaaniliste hapete valemid ja nimetused, vastavate anioonide valemid ja nimetused.



Hape		Anioon	
valem	nimetus	valem	nimetus
HCl	vesinikkloriidhape ehk soolhape	Cl^-	kloriid
H_2S	divesiniksulfiidhape	S^{2-}	sulfiid
H_2SO_3	väävlishape	SO_3^{2-}	sulfit
H_2SO_4	väävelhape	SO_4^{2-}	sulfaat
HNO_3	lämmastikhape	NO_3^-	nitraat
H_2CO_3	süsihape	CO_3^{2-}	karbonaat
H_3PO_4	fosforhape	PO_4^{3-}	fosfaat
H_2SiO_3	ränihape	SiO_3^{2-}	silikaat

Hapnikuta anioonide nimetuse lõpp on -iid. Hapnikku sisaldavate anioonide nimetus lõpeb -aat (kui aniooni moodustav element on kõrgemas o.a-s) või -it (kui element on madalamas o.a-s).

Soolade koostisse võib kuuluda ka ammooniumioon NH_4^+ . Sellele vastav alus on nuuskiiritusena tuntud ammoniaakhüdraat $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Ammooniumisoolad on näiteks ammooniumkloriid NH_4Cl , ammooniumsulfaat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

MIDA ÕPPISID SOOLADE KOHTA 8. KLASSIS?

Soolad on ained, mis koosnevad aluse katioonist ja happe anioonist.

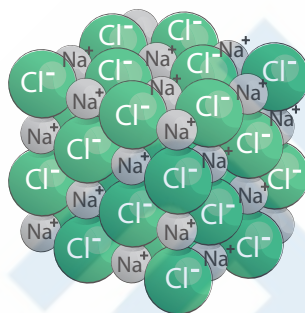
Soola nimetuse üldkuju on:

katiooni nimi + (o.a) + happeaniooni nimi

Kui metallilise elemendi o.a ühendis on püsiv (IA, IIA, IIIA), siis pole seda vaja nimetusse lisada.

+ -	2+ -	2+ 2-	3+ 2-
KCl	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	FeSO_4	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
kaaliumkloriid	kaltsiumnitraat	raud(II)sulfaat	raud(III)sulfaat

Soolad on tahked, kristalsed ained. Soolakristalli moodustavad vastasmärgiliselt laetud ioonid.

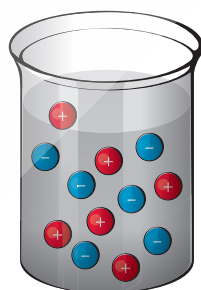


NaCl kristalli mudel ja kristall.
 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ kristall.



MIS ON TUGEVAD HAPPED?

Tugevad happed on vesilahuses täielikult ionideks jagunenud.



● vesinikioonid
● happeanioonid

See tähendab, et nende lahuses esinevad vaid vesinikioonid ja happeanioonid. Hapete molekule tugevate hapete lahustes ei ole.

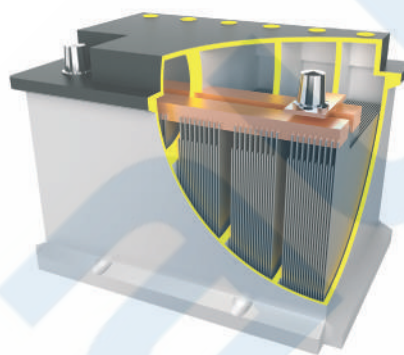
Tugeva happe lahus

Tugevate hapete hulka kuulub näiteks vesinikkloriidhape ehk soolhape HCl . Soolhappe lahuses esinevad vaid vesinikioonid H^+ ja kloriidioonid Cl^- .

Soolhappe lahuses soolhappe molekule HCl ei ole. Soolhapet leidub maomahla koostises, seda kasutatakse ka rooste-eemaldusvahendites.

Tähtsamad tugevad happed on HCl , HNO_3 , H_2SO_4 .

Tugevate hapetega töötamisel tuleb eriti hoolsalt järgida ohutusnõudeid. Tugevate hapete lahused on sööbivate omadustega. Autoakus kasutatakse elektrivoolu juhtiva lahusega tugeva happe – väävelhappe lahust. Selle sattumisel nahale või riidele tuleb vastavat kohta pesta rohke veega ning vajadusel neutraliseerida söögisooda lahusega.



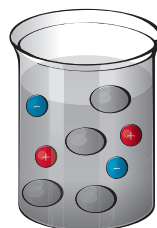
Tugev hape söestab puidu. Autoakus on pliiidelektroodid sukeldatud väävelhappe lahusesse.

MIS ON NÕRGAD HAPPED?

Nõrgad happed on vesilahuses vaid osaliselt ionideks jagunenud.

See tähendab, et nende lahuses esineb nii happe molekule kui ka vesinikioone ja happeanioone. Nõrkade hapete hulka kuulub näiteks divesiniksulfiidhape H_2S .

Divesiniksulfiidhappe lahuses on ainult veidi vesinikioone H^+ ja happeanioone; peamiselt on seal H_2S molekulid.



-  happemolekulid
-  vesinikioonid
-  happeanioonid

Nõrga happe lahus

H_3PO_4 ja H_2SO_3 loetakse mõnikord keskmise tugevusega hape-teks. Nad on oluliselt nõrgemad kui HNO_3 , H_2SO_4 ja HCl , kuid märgatavalt tugevamad kui H_2S ja H_2CO_3 .

Nõrgad happed on ka äädikhape CH_3COOH ning puuviljades ja marjades leiduvad looduslikud happed. Nendega tutvume lähemalt 21. õppetükis.

Koolajooke gaseeritakse CO_2 -ga ja neile lisatakse fosforhapet. Seega sisaldavad nad nii fosforhappe ja süsihappe molekule kui ka nendest moodustunud ioone.

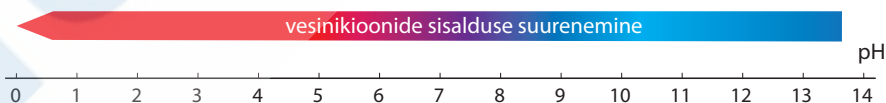
Tähtsamad nõrgad happed on H_3PO_4 , H_2SO_3 , H_2S , H_2CO_3 , H_2SiO_3 .

Mida väiksem osa happe molekulidest on ionideks jagunenud, seda nõrgem vastav hape on.

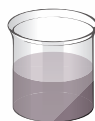
Väga nõrka hapet süsihapet leidub alati looduslikus vees (sh vihmavees), kuhu see moodustub õhus sisalduva süsihappegaasi lahustumisel vees: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$.



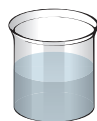
Lahuse pH on seda madalam, mida suurem on selles lahuses vesinikioonide sisaldus ehk mida happelisem on vastav lahus. Kui valmistada kaks võrdse kontsentratsiooniga happe lahust, siis on tugevamast hapest valmistatud lahuses rohkem H^+ -ioone ja vastava lahuse pH madalam.



Vesinikioonide sisalduse seos lahuse pH-ga ja happe tugevusega



tugev hape



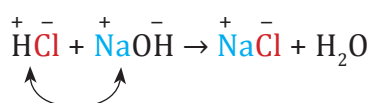
nõrk hape



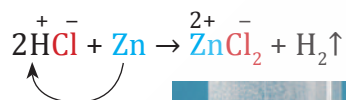
vesi

MIS AINEKLASSIDE ESINDAJATEGA HAPPED REAGEERIVAD?

1. Happed reageerivad **alustega**: kulgeb neutralisatsiooni-reaktsioon, mille käigus moodustuvad sool ja vesi. Vesi moodustub happe vesinikiooni ja aluse hüdroksiidiooni ühinemisel. Happe ja aluse vaheline reaktsioon toimub alati.



2. Happed reageerivad **metallidega**: kulgeb asendusreaktsioon, mille käigus moodustuvad sool ja vesinik. Lahjendatud hapetega reageerivad vaid pingereas vesinikust vasakul olevad metallid.



• HNO₃ reageerimisel metallidega ei eraldu vesinikku. Saaduste hulgas on lisaks soolale ja veele mõni lämmastikku sisaldav aine (NO, NO₂ vms).

Nõrgad happed (vasakpoolses katseklaasis) reageerivad metallidega väiksema kiirusega kui tugevad happed (parempoolses katseklaasis).

3. Happed reageerivad **aluseliste oksiididega**.

MIS MOODUSTUB HAPPE REAGEERIMISEL ALUSELISE OKSIIDIGA?

Happe reageerimisel aluselise oksiidiga moodustuvad sool ja vesi.



Moodustuv sool koosneb reageerinud aluselisele oksiidile vastava aluse katioonist ja reageerinud happe anioonist. See reaktsioon toimub alati. Tegelikult defineeritaksegi aluselisi okside kui okside, mis reageerivad hapetega.