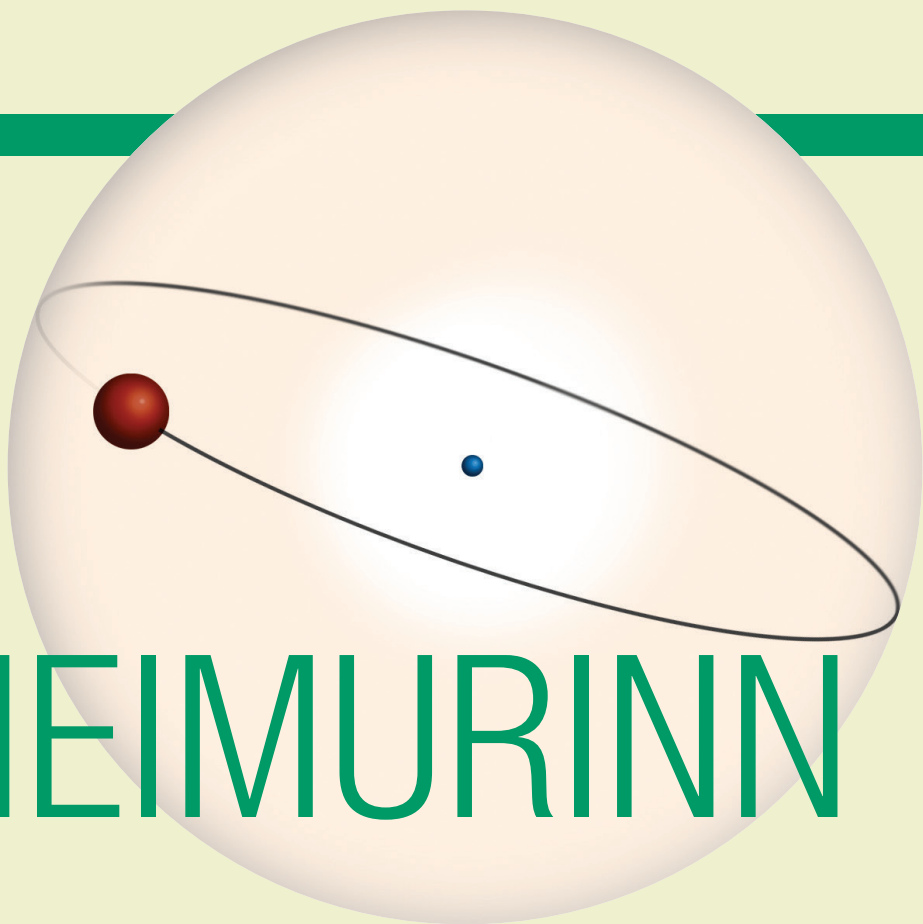
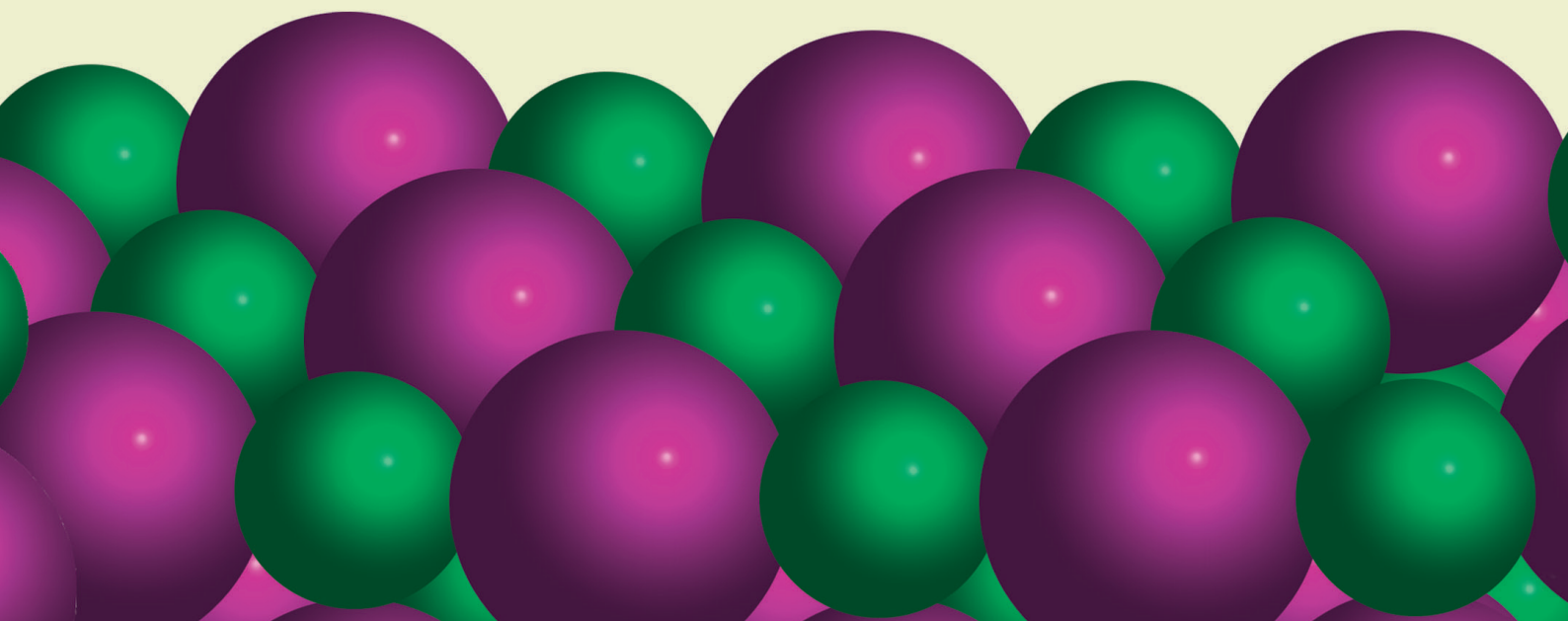


HAFÞÓR GUÐJÓNSSON



EFNISHEIMURINN



TIL NEMANDA

Þessi bók er eign skólans þíns og þú hefur hana að láni. Bækur eru dýrar og því mikilvægt að farið sé vel með þær. Gættu þess vel að skrifa ekki í þessa bók.

..... Skóli			Bók nr.	
			Tekin í notkun	
Nemandi/bekkur	Útlán: (dags.)	Ástand	Skil: (dags.)	Ástand

- 1) Nafn nemanda skal greinilega skrifað í líurnar hér að ofan.
- 2) Ástandi bókar við útlán og skil skal lýst þannig:
N: ný bók, G: gott, S: sæmilegt, L: lélegt.

EFNISHEIMURINN

Hafþór Guðjónsson

EFNISHEIMURINN

ISBN 978-9979-0-2107-0

© 2005 Hafþór Guðjónsson

© 2005 teikningar: Ingimar Waage

© 2005 ljósmyndir, listi yfir rétthafa ljósmynda er á bls. 79

© 2005 lotukerfi: Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart, Germany

Ritstjórar: Hafdís Finnbogadóttir og Margrét Júlía Rafnsdóttir

Öll réttindi áskilin

1. útgáfa 2005

2. útgáfa 2006

önnur prentun 2015

Menntamálastofnun

Kópavogi

Umbrot og útlit: Námsgagnastofnun

Prentvinnsla: Litróf ehf.

Eftirtaldir lásu yfir handrit og veittu góð ráð við gerð bókarinnar. Þeim og öðrum sem að verkinu komu eru færðar bestu þakkir: Guðmann Þorvaldsson, Helga Snæbjörnsdóttir, Sigurður Haukur Gíslason, Valdimar Helgason og Þórdís Guðjónsdóttir.

Efnisyfirlit

	Frumefnatafla	5
	Til nemandans	6
Kaflí 1	Heimur efnafræðinnar	7
	Frumefni	8
	Tákn frumefna	9
	Efnasambönd	9
	Efnablöndur	10
	Formúlur	11
	Frumefnin og mannslíkaminn	12
	Hamur efnis	12
	Táknin s, l og g	13
	Efnajöfnur	13
	Bræðslumark og suðumark	14
	Suðumark og loftþrýstingur	15
	Efnabreytingar	16
	Samantekt	18
Kaflí 2	Frumeindir og sameindir	20
	Frumeindakennningin endurreist	21
	Frumeindir og sameindir	24
	Frumefni og efnasambönd	25
	Efnablöndur	26
	Hamskipti	27
	Skyggst inn í frumeindina	28
	Öreindir	29
	Frumeindamassi	30
	Tákn frumeinda og frumefna	30
	Sameindamassi	30
	Sætistala	31
	Jónir og sölt	32
	Hvernig myndast jónir?	32
	Ryð	33
	Súrál og ál	34
	Steinefni	35

Mismunandi jónir af sama frumefni	35
Samsettar jónir	36
Greiðan og matarsaltið	37
Samantekt	37
Kaflí 3 Lotukerfið	39
Lotur og flokkar	40
Heiti flokka	40
Málmar og málmleysingar	41
Sérstaða vetnis	42
Hvarfgirni frumefna	42
Náttúruleg frumefni og gervifrumefni	44
Málmböndur	45
Rauðablástur	45
Kolefni	46
Lífræn gerviefni	47
Samantekt	48
Kaflí 4 Efnabreytingar	51
Varðveisla massans	51
Tegundir efnabreytinga	54
Úr einum ham í annan	54
Leysing og leysar	55
Leysni	57
Áhrif hita á leysni efna	57
Mettaðar og ómettaðar lausnir	58
Efnahvörf	59
Efnahvörf í ljósi frumeindakenningarinnar	60
Að stilla efnajöfnur	62
Hvernig gerast efnahvörf?	64
Útvermar og innvermar efnabreytingar	67
Kertaloginn í nærmynd	68
Sýrur	70
Basar	70
Hlutleysing	71
Sýrustig	72
Súrt regn	74
Samantekt	75
Atriðisorð	78

Frumefnatafla

Sætis- tala	Tákn	Heiti	Frumeinda- massi (u)	Sætis- tala	Tákn	Heiti	Frumeinda- massi (u)	Sætis- tala	Tákn	Heiti	Frumeinda- massi (u)
1	H	vetni	1,008	36	Kr	krypton	83,80	71	Lu	lútesín	175,0
2	He	helín	4,003	37	Rb	rúbidín	85,47	72	Hf	hafnín	178,5
3	Li	líþín	6,941	38	Sr	strontín	87,62	73	Ta	tantal	180,9
4	Be	beryllín	9,012	39	Y	yttrín	88,91	74	W	volfram	183,9
5	B	bór	10,81	40	Zr	sirkon	91,22	75	Re	renín	186,2
6	C	kolefni	12,01	41	Nb	níóbín	92,91	76	Os	osmín	190,2
7	N	nitur	14,01	42	Mo	mólýbden	95,94	77	Ir	íridín	192,2
8	O	súrefni	16,00	43	Tc	teknetín	(98)*	78	Pt	platína	195,1
9	F	flúor	19,00	44	Ru	rúþen	101,1	79	Au	gull	197,0
10	Ne	neon	20,18	45	Rh	ródín	102,9	80	Hg	kvikasilfur	200,6
11	Na	natrín	22,99	46	Pp	palladín	106,9	81	Tl	þallín	204,4
12	Mg	magnín	24,31	47	Ag	silfur	107,9	82	Pb	blý	207,2
13	Al	ál	26,98	48	Cd	kadmín	112,4	83	Bi	bismút	209,0
14	Si	kísill	28,09	49	In	indín	114,8	84	Po	pólon	(209)
15	P	fosfór	30,97	50	Sn	tin	118,7	85	At	astat	(210)
16	S	brennisteinn	32,06	51	Sb	antimon	121,8	86	Rn	radon	(222)
17	Cl	klór	35,45	52	Te	tellúr	127,6	87	Fr	fransín	(223)
18	Ar	argon	39,95	53	I	joð	126,9	88	Ra	radín	(226)
19	K	kalín	39,10	54	Xe	xenon	131,3	89	Ac	aktín	(227)
20	Ca	kalsín	40,08	55	Cs	sesín	132,9	90	Th	þórín	232,0
21	Sc	skandín	44,96	56	Ba	barín	137,3	91	Pa	prótaktín	(231)
22	Ti	títan	47,90	57	La	lantán	138,9	92	U	úran	238,0
23	V	vanadín	50,94	58	Ce	serín	140,1	93	Np	neptún	(244)
24	Cr	króm	52,00	59	Pr	praseódyím	140,9	94	Pu	plúton	(242)
25	Mn	mangan	54,94	60	Nd	neódyím	144,2	95	Am	ameríkín	(243)
26	Fe	járn	55,85	61	Pm	prómeþýn	(145)	96	Cm	kúrín	(247)
27	Co	kóbolt	58,93	62	Sm	samarín	150,4	97	Bk	berkelín	(247)
28	Ni	nikkel	58,70	63	Eu	evrópín	152,0	98	Cf	kalíforín	(251)
29	Cu	kopar	63,55	64	Gd	gadólín	157,3	99	E	einsteinín	(252)
30	Zn	sink	65,38	65	Tb	terbín	158,9	100	Fm	fermín	(257)
31	Ga	gallín	69,72	66	Dy	dysprósín	162,5	101	Md	mendelevín	(258)
32	Ge	german	72,59	67	Ho	holmín	164,9	102	No	nóbelín	(259)
33	As	arsen	74,92	68	Er	erbín	167,3	103	Lw	lárensín	(260)
34	Se	selen	78,96	69	Tm	túlín	168,9				
35	Br	bróm	79,90	70	Yb	ytterbín	173,0				

Til nemandans

Hefurðu einhvern tíma sest niður og horft í kertaloga? Hefurðu velt því fyrir þér hvað kertalogi sé eða hvað gerist þegar kerti brennur? Við vitum að kerti eyðast smám saman. En hvernig? Og hvað með efnið sem kertið er gert úr? Hverfur það bara? Verður það að engu?

Þessi bók fjallar um spurningar af þessu tagi. Hún snýst um hluti í umhverfi þínu, til dæmis loftið sem þú andar að þér, vatnið sem kemur úr krananum, efnið í eldhúsinu, eldspýtur, kerti og kertaloga. Í bókinni eru margar einfaldar athuganir sem beinast að þessum hlutum. Ég hvet þig til að vanda þig við þessar athuganir. Reyndu að taka vel eftir því sem fyrir augu þín ber og lýsa því eins vel og þú getur í vinnubók. Að læra raunvísindi eins og efnafræði felur í sér að læra að taka vel eftir og lýsa vandlega því sem fyrir augu og eyru ber. Þá vakna spurningar sem maður vill fá svör við. Áhuginn er vakinn og námið verður lifandi og skemmtilegt.

Við verklegar athuganir er nauðsynlegt að fara að með gát, lesa vel leiðbeiningarnar og fara eftir þeim. Stundum ert þú að vinna með eld og eldfim efni og þá er enn meiri varkárni þörf. Mikilvægt er að ganga vel frá eftir athuganir, bæði heima og í skólanum.

Ég óska þér góðs gengis.

Höfundur

Kafli 1

HEIMUR EFNAFRÆÐINNAR

Náttúrufræði eru nokkurs konar tungumál. Að læra náttúrufræði má því líkja við að læra ný tungumál, að læra að tala um hlutina með aðeins öðrum hætti en maður er vanur.

Efnafræðin er eitt þessara tungumála náttúruvísindanna. Þar eru notuð sérstök orð til að lýsa hlutunum. Skoðaðu mynd 1.1. Hún sýnir mjólkurfernu. Á fernunni er innihaldi mjólkurinnar lýst. Þarna er mjólkinni lýst efnafræðilega. Þegar þetta er gert blasir við að hvíti vökvinn sem kallaður er mjólk er í raun ekki eitt efni heldur blanda af ýmsum efnum eða – á máli efnafræðinnar – *efnablanda*.

Athugun

Samanburður á drykkjarvörum

Prótein, kolvetni og fita eru heiti á mikilvægum næringarefnum sem líkami okkar þarf á að halda sér til vaxtar og viðhalds. Við sjáum þessi heiti á ýmsum tegundum matvæla, til dæmis mjólkurvörum og ávaxtdrykkjum af ýmsu tagi. Skoðaðu innihaldslýsingu þriggja slíkra drykkja og berðu saman magn prótína, kolvetna og fitu í þeim. Athugaðu líka orkuinnihald drykkjanna. Settu þetta upp í töflu í vinnubók þinni, svipaða þeirri sem sýnd er hér til hliðar á mynd 1.2.

1. Hver drykkjanna inniheldur mest af
a) prótíni, b) fitu, c) kolvetni?
2. Hver drykkjanna er orkuríkastur?
3. Hvern drykkjanna telur þú vera hollastan? Útskýrðu val þitt.

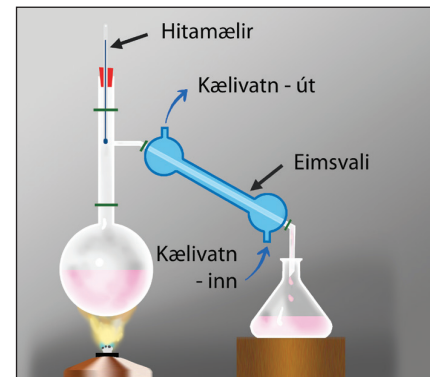
Flestir hlutir í umhverfi okkar eru efnablöndur af ýmsu tagi. Það sem við borðum og drekkum eru yfirleitt efnablöndur, svo sem kjöt, grænmeti, brauð og gosdrykkir. Jafnvel venjulegt kranavatn er efnablanda því það inniheldur ýmis efni sem það hefur leyst til sín úr jarðvegi og bergi á leiðinni til okkar. Til að fá efnafræðilega hreint vatn þarf að fjarlægja uppleystu efnin úr kranavatninu. Þetta er hægt að gera með eimingu. Kranavatnið er þá hitað að suðu. Við það gufar sjálft vatnið upp en uppleystu efnin verða eftir. Vatnsgufan er síðan kæld í svokölluðum eimsvala og verður þá að vökva sem nú er hreint eða *eimað* vatn (mynd 1.3)

Nýmjólk 3,9%			
Nýmjólk, gerilsneydd, fitusprengd			
Næringargildi í 100 g:			
Orka	280 kJ/67 kcal		
Prótein	3,4 g		
Kolvetni	4,5 g		
Fita	3,9 g		
		%RDS*	
B ₂ -vítamín	0,16 mg	10	
B ₁₂ -vítamín	0,40 µg	40	
Kalk	114 mg	14	
Fosfór	95 mg	12	
*Hlutfall af ráðlögðum dagskammti.			

Mynd 1.1 Innihaldslýsingar á matvælum sýna hvaða efni eru í þeim.

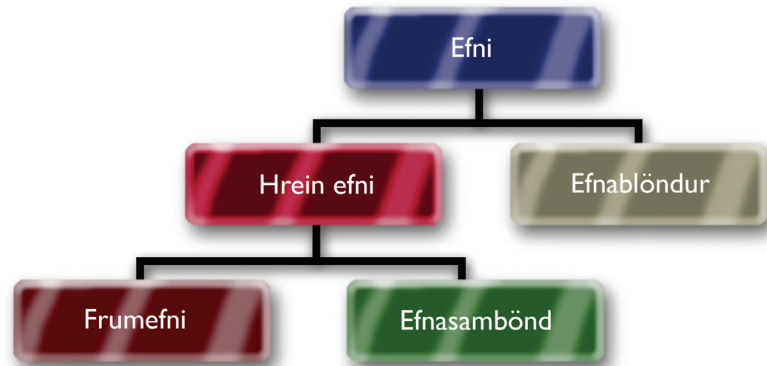
Drykkur	Prótein (g/100g)	Kolvetni (g/100g)	Fita (g/100g)	Orka (kJ/100g)
Mjólk				

Mynd 1.2 Töflur geta auðveldað skipulega skráningu gagna.



Mynd 1.3 Eimingartæki. Slík tæki eru mikið notuð til að hreinsa uppleyst efni úr vatni en líka til að framleiða drykkjarvatn úr sjó.

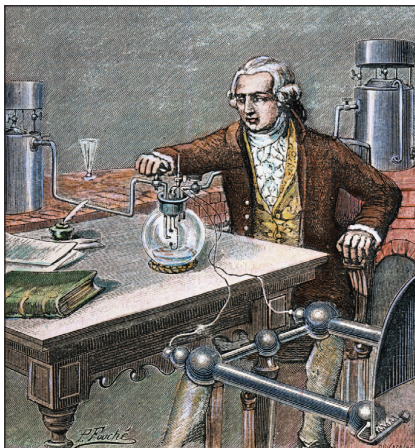
Efnum má skipta í tvo meginflokka, *hrein efni* og *efnablöndur*. Hreinum efnum er svo aftur skipt í *efnasambönd* og *frumefni* (mynd 1.4).



Mynd 1.4 Algeng flokkun efna.

Frumefni

Kranavatn er efnablanda. Með því að eima þessa efnablöndu fæst hreint efni, eimað vatn. Samkvæmt mynd 1.4 hlýtur eimað vatn að vera annaðhvort frumefni eða efnasamband. En hvort er það?



Mynd 1.5 Antoine Lavoisier.

Langt fram eftir öldum töldu menn að vatn væri frumefni. Þetta breyttist árið 1785. Þá tilkynnti franskur vísindamaður, Antoine Lavoasier að nafni, að honum hefði tekist að sundra hreinu (eimuðu) vatni í tvö efni, lofttegundir sem hann nefndi oxygene og hydrogen en við köllum súrefni og vetni. Jafnframt lýsti Lavoasier því yfir að bæði efnin væru frumefni í þeim skilningi að þeim væri ekki hægt að sundra. Fjórum árum síðar, árið 1789, birti Lavoasier töflu yfir efni sem hann taldi vera frumefni (mynd 1.6). Auk súrefnis og vetnis er þar að finna ýmis efni sem menn höfðu notað um langan aldur en ekki hugsað um sem frumefni, til að mynda brennistein, kolefni, fosfór, járn, blý, sink, silfur, kvikasilfur og gull. Allt eru þetta efni sem nútíma efnafræði skilgreinir sem frumefni. Öðru máli gegnir um heitin *lumière* og *calorique* sem er að finna efst í töflunni. Hið fyrra merkir ljós, hið seinna varmi. Miðað við nútíma efnafræði eru þetta ekki efni heldur *orkuform*. Þetta sýnir okkur að hugmyndir manna um efnisheiminn voru um margt óljósar á tímum Lavoasier en hann lést árið 1794.

Lavoasier er oft nefndur faðir nútíma efnafræði. Líklega ber hann þetta sæmdarheiti með rentu og þá kannski fyrst og fremst vegna þess að hann leyfði sér að efast um ríkjandi hugmyndir, til dæmis þá hugmynd, sem er ættuð frá Forn-Grikkjum, að jarðneskir hlutir væru samsettir úr fjórum frumefnum: vatni, jörð, lofti og eldi. Með tilraunum tókst honum að sýna fram á að vatn, jörð og loft væru í raun samsett úr öðrum efnum sem væru

hin raunverulegu frumefni og að eldurinn væri ekki frumefni heldur efnabreyting – bruni. Hér að framan var minnst á þá uppgötvun hans að vatn væri ekki frumefni heldur samsett úr frumefnunum súrefni og vetni. Hann rannsakaði líka andrúmsloft og komst að þeirri niðurstöðu að það væri ekki frumefni heldur blanda tveggja frumefna, niturs og súrefnis. Þessi niðurstaða Lavoasiers hefur staðist tímans tönn í megindráttum (tafla 1.1).

Í frumefnatöflu Lavoasiers (mynd 1.6) voru tæplega þrjátíu frumefni. Nú á dögum eru þekkt um hundrað frumefni. Á bls. 5 er listi yfir þessi frumefni, bæði heiti þeirra og efnatákn.

Tákn frumefna

Tákn frumefnis er annaðhvort einn stór stafur, til dæmis H (vetni) og O (súrefni), eða einn stór stafur og einn lítill stafur, til dæmis Li (líþín) og Ca (kalsín). Þetta er gagnleg regla. Með því einu að skoða tákn efnis sér maður strax hvort um frumefni er að ræða eða ekki.

Verkefni

- 1. Renndu augunum yfir heiti frumefnanna í töflunni á bls. 5. Sum heitin koma þér líklega kunnuglega fyrir sjónir, til dæmis silfur og gull. Búðu til lista í vinnubókinni yfir þau frumefni sem þú kannast við, bæði heiti þeirra og tákn. Láttu líka koma fram hvaðan þú þekkir þessi efni og það sem þú veist um notkun þeirra.
- 2. Hver eftirfarandi efnatákna eru tákn fyrir frumefni? Skrifðu þessi tákn upp í vinnubók og notaðu frumefnatöfluna á bls. 5 til að finna heiti þeirra.

Ag S LiH Co CO Au CH₄ B HCl Mn

Efnasambönd

Lavoasier blés nýju lífi í efnafræðina. Með tilraunum sínum tókst honum að sýna fram á að efni sem menn höfðu áður talið vera frumefni voru í raun samsett, það er að segja gerð úr efnum sem virtust vera raunveruleg frumefni. Forvitni efnafræðinga var nú vakin og með þeim vöknudu nýjar spurningar. Hvað eru frumefnin eiginlega mörg? Úr hvaða frumefnum eru samsettu efnin og hve mikið er af hverju frumefni fyrir sig í þeim? Þegar efnafræðingar fóru að rannsaka efnisheiminn með slíkar spurningar að

	Noms nouveaux.	Noms anciens correspondans.
	Lumière.....	Lumière. Chaleur. Principe de la chaleur.
	Calorique.....	Fluide igné. Feu. Matière du feu & de la chaleur.
Substances simples qui appartiennent aux trois règnes & qu'on peut regarder comme les éléments des corps.	Oxygène.....	Air déphlogistiqué. Air empiréal. Air vital. Base de l'air vital.
	Azote.....	Gaz phlogistiqué. Mofete. Base de la mofete. Gaz inflammable.
	Hydrogène.....	Base du gaz inflammable. Soufre.....
Substances simples non métalliques oxidables & acidifiables.	Phosphore.....	Soufre. Phosphore. Charbon pur.
	Carbone.....	Inconnu.
	Radical muriatique.	Inconnu.
	Radical fluorique.	Inconnu.
	Radical boracique.	Inconnu.
	Antimoine.....	Antimoine.
	Argent.....	Argent.
	Arlenic.....	Arlenic.
	Bismuth.....	Bismuth.
	Cobolt.....	Cobolt.
	Cuivre.....	Cuivre.
	Etain.....	Etain.
Substances simples métalliques oxidables & acidifiables.	Fer.....	Fer.
	Manganèse.....	Manganèse.
	Mercure.....	Mercure.
	Molybdène.....	Molybdène.
	Nickel.....	Nickel.
	Or.....	Or.
	Platine.....	Platine.
	Plomb.....	Plomb.
	Tungstène.....	Tungstène.
	Zinc.....	Zinc.
	Chaux.....	Terre calcaire, chaux.
	Magnésie.....	Magnésie, base du sel d'Epſom.
Substances simples salifiables terreuses.	Baryte.....	Barote, terre pelante.
	Alumine.....	Argile, terre de l'alun, base de l'alun.
	Silice.....	Terre siliceuse, terre vitrifiable.

Mynd 1.6 Frumefnatafla Lavoasiers frá árinu 1789.

Tafla 1.1 Samsetning andrúmslofts

Gastegund	Hlutfall af þyngd (%)
nitur	78,09
súrefni	20,95
argon	0,93
koltvíoxíð	0,04
önnur	minna en 0,01



Mynd 1.7 Efnafræðingur að störfum.

leiðarljósi varð þeim smám saman ljóst að hlutir í umhverfi okkar eru oftast efnablöndur en jafnframt að í þessum efnablöndum finnast efni sem eru samsett úr ákveðnum frumefnum í ákveðnum hlutföllum. Til dæmis tók Frakkinn *Joseph Proust* eftir því að efnið koparkarbnat, sem hann framleiddi á tilraunastofu sinni, hafði nákvæmlega sömu frumefnasamsetningu og koparkarbnat úr náttúrunni: 51,4% kopar, 9,7% kolefni og 38,9% súrefni. Þannig efni kalla efnafræðingar *efnasambönd*.

- *Efnasamband er efni sem er samsett úr ákveðnum frumefnum í ákveðnum hlutföllum.*

Hreint (eimað) vatn er dæmi um efnasamband. Það er samsett úr frumefnunum vetni og súrefni í massahlutföllunum 5,6% vetni og 94,4% súrefni. Þetta merkir að ef maður sundrar 100 grömmum af eimuðu vatni í frumefni sín fær maður alltaf 5,6 grömm af vetni og 94,4 grömm af súrefni. Sama máli gegnir um önnur efnasambönd: Hlutföll frumefna í öllum efnasamböndum eru föst, hin sömu alls staðar og alltaf. Þetta er dæmi um það sem vísindin kalla *lögmál*. Lögmálið sem hér um ræðir kallast *lögmálið um föst hlutföll frumefna í efnasamböndum*.

Athugun

Að laga te

Fáðu þér tepoka og settu hann í glas. Helltu sjóðheitu vatni í glasið og fylgstu síðan með pokanum og umhverfi hans um stund. Lýstu því sem þú sérð. Hvað heldurðu að sé í raun að gerast? Telur þú að teduft sé efnasamband eða efnablanda?

Skráðu athuganir þínar og hugleiðingar í vinnubók.

Efnablöndur

Andrúmsloft er efnablanda. Í andrúmslofti eru bæði frumefni (súrefni, nitur og argon) og efnasambandið koltvíoxíð. Kranavatn er efnablanda, að mestu vatn, en geymir þar að auki ýmis önnur efnasambönd í litlu magni t.d. koltvíoxíð en líka óbundin frumefni, til dæmis natrín (Na) og flúor (F). Í mjólk eru margs konar efni, til dæmis prótein, kolvetni, fita, vítamín og steinefni. Mjólk er dæmi um flókna efnablöndu. Efnablöndur innihalda sem sagt ýmis efni, bæði efnasambönd og frumefni.

Oft er auðvelt að skilja efni í efnablöndu hvert frá öðru. Raunar er fólk að gera þetta á hverjum degi, til dæmis þegar það hellir upp á kaffi. Kaffiduft er flókin efnablanda. Þegar sjóðheitt vatn rennur gegnum kaffiduftið leysir

Það til sín hluta af efnasamböndum kaffiduftsins og þá verður til þessi drykkur sem við köllum kaffi. Efni sem ekki leysast upp í vatninu sitja eftir í kaffipokanum.

Athugun

Mjólk og borðedik

1. Til að gera þessa athugun þarf nýmjólk eða léttmjólk, borðedik, 2 glös, desílítramál, matskeið, trekt og síupappír eða kaffipoka.
2. Settu einn desílítra (1 dl) af mjólk í glas. Bættu síðan einni matskeið (1 msk.) af borðediki í mjólkina. Hrærðu með skeiðinni. Hvað gerist? Ef ekki verður greinileg breyting má bæta aðeins meira af ediki út í mjólkina.
3. Settu síupappír eða kaffipoka í trektina. Helltu mjólkinni með edikinu yfir pappírinn. Fylgstu með um stund og skráðu hjá þér það sem þú sérð. Notaðu gjarnan teikningu til að lýsa athugun þinni.
4. Hvað heldur þú að hafi í raun gerst? Mundu að skrá athuganir þínar og svör við spurningunum.

Formúlur

Flestir kannast við táknið H_2O . Þetta er *formúla* vatns. Hún gefur ákveðnar upplýsingar, segir okkur úr *hvaða frumefnum* hreint vatn er samsett, nefnilega vetni (H) og súrefni (O). Talan 2 milli O og H tengist efnasamsetningu vatns. Þegar vatni er sundrað myndast lofttegundir, frumefnin vetni og súrefni. Ef rúmmál þeirra er mælt kemur í ljós að rúmmál vetnis er tvöfalt meira en rúmmál súrefnis (mynd 1.9).

Hreint vatn er efnasamband. Líkt og vatn hafa önnur efnasambönd ákveðnar formúlur sem gefa upplýsingar um frumefnasamsetningu þeirra. Venjulegt borðsalt hefur til dæmis formúluna NaCl. Sé formúlan borin saman við frumefnatöfluna á bls. 5 sést að borðsalt er gert úr tveimur frumefnum, natrín (Na) og klór (Cl).

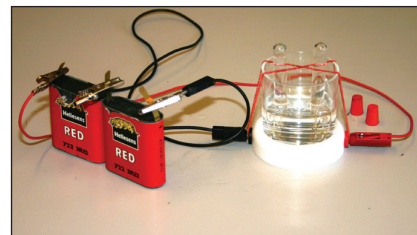
- *Efnasamband hefur fasta samsetningu og þar af leiðandi ákveðna formúlu.*

Verkefni

3. Í andrúmslofti eru ýmis efni, m.a. koltvíoxíð eða CO_2 . Er koltvíoxíð efnasamband? Færðu rök fyrir svari þínu.



Mynd 1.8 Hellt upp á kaffi. Kaffiduft er blanda margs konar efnasambanda. Þegar heitt vatn streymir í gegnum kaffiduftið leysir það úr duftinu sum þessara efnasambanda og þau gefa vatninu sérstakan lit og sérstakt bragð. Efnablönduna sem þannig verður til köllum við einfaldlega kaffi.



Mynd 1.9 Rafgreining á vatni. Með því að leiða rafstraum um vatn er hægt að kljúfa það í frumefnin sem það er samsett úr, það er að segja gastegundirnar vetni og súrefni. Þá kemur í ljós að vetnið tekur tvöfalt meira rými en súrefni en það bendir til að formúla vatns sé H_2O .

Tafla 1.2
Helstu frumefni og efnasambönd manns-
líkamans

Frumefni	Tákn	Hluti af þyngd líkamans (%)
súrefni	O	65
kolefni	C	18
vetni	H	10
kalsín	Ca	2
fosfór	P	1,1
kalín	K	0,35
brennisteinn	S	0,25
natrín	Na	0,15
klór	Cl	0,15

Efnasambönd		
vatn		60–80
prótein		15–20
fita		3–20
kolvetni		1–15

Frumefnin og mannslíkaminn

Tafla 1.2 sýnir efnasamsetningu mannslíkamans með tilliti til frumefna og efnasambanda. Ljóst er að frumefnin súrefni, kolefni og vetni eru í yfirgnæfandi magni. Samanlagt eru þessi þrjú frumefni nálægt 95% af þyngd mannslíkamans. Mikilvægt er að hafa í huga að frumefni mannslíkamans eru að langmestu leyti bundin í efnasamböndum og þá aðallega þeim sem sýnd eru í neðri hluta töflunnar. Þannig er kolefnið (C) í líkamanum að mestu bundið í próteinum, fitu og kolvetnum.

Verkefni

4. Af töflu 1.2 má sjá að súrefni er helsta frumefni mannslíkamans miðað við þyngd. Ef maður vegur 100 kg þá getum við reiknað með því að hann beri í sér 65 kg af súrefni. Hvar gæti allt þetta súrefni leynst að þínu mati?

Hamur efnis

Ef venjulegt kranavatn er kælt nægilega verður það að *föstu efni* sem við köllum *ís* eða *klaka*. Ef vatnið er hitað breytist það í *vatnsgufu*. Svipaða sögu má segja um önnur efni. Líkt og vatn geta þau tekið á sig ólíkar myndir eða form ef þau eru kæld eða hituð. Ál, til dæmis, birtist okkur alla jafna sem fast efni, samanber álpappír. Sé fast ál hitað upp í 660 °C verður það fljótandi en gaskennt ef það er hitað í 2467 °C. Öll efni geta ýmist verið í föstu, fljótandi eða loftkenndu ástandi og fer það eftir hitanum. Oft er talað um *ham* efnis í þessu sambandi og þá notuð orðin *storkuhamur* (fast ástand), *vökvahamur* (fljótandi ástand) og *lofthamur* (loftkennt ástand). Breytingin úr einum ham í annan kallast þá *hamskipti*. Þó efni bregðist sér úr einum ham í annan er það enn sama efnið. Það hefur bara skipt um útlit, tekið á sig nýja mynd. Ef vatn er sett í frysti getum við verið viss um að klakinn sem tekinn er úr frystinum er sama efnið og sett var inn í hann. Það er vatn eftir sem áður.

Fólk notar ýmis orð þegar það talar um hamskipti. Við segjum að vatn *frjósi* þegar það breytist í fast efni. Um önnur efni segjum við frekar að þau *storkni*. Kertavax, sem lekur af kerti, storknar fyrr en varir. Önnur dæmi um hamskipti eru *bráðnun*, *gufun* og *þétting*. Móðumyndun á spegli, t.d. þegar farið er í sturtu, er dæmi um þéttingu. Vatnsgufan í loftinu inni á baðherbergi þéttist þá í örliðla dropa á yfirborði spegilsins. Í sameiningu mynda þeir móðu.

Athugaðu að orðið *gas* er oft notað í staðinn fyrir orðið *loft* þegar rætt er um ham efnis og hamskipti. Í stað þess að segja að efni sé loftkennt eða í loftkenndu ástandi er sagt að það sé gaskennt eða í gaskenndu ástandi eða í gasham.

Táknin s, l og g

Efnafræðingar nota gjarnan tákn, bæði til að spara sér fyrirhöfn en líka til að forðast misskilning. Þannig nota þeir bókstafina s, l og g til að greina á milli hinna ólíku hama efnis. Bókstafirnir eru dregnir af orðunum *solid* (fast efni), *liquid* (vökvi) og *gas* (gas; loft). Þegar þessum bókstöfum er skeytt aftan við formúlur efna fer ekkert á milli mála hvað átt er við. Efna-táknið $\text{H}_2\text{O}(\text{s})$ merkir samkvæmt þessu vatn í föstu formi eða einfaldlega ís. Á sama hátt merkir $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ fljótandi vatn og $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ vatnsgufu. Táknin s, l og g sem sett eru í sviga aftan við efnatákn gefa því til kynna í hvaða ham efnið er.

Verkefni

5. Eins og fram hefur komið notar fólk mismunandi orð þegar það talar um ham efnis. Rifjaðu upp þessi orð með því að búa til töflu eins og þá sem mynd 1.10 sýnir og settu orðin í viðeigandi reiti.
6. Þegar efni fer úr föstu ástandi í fljótandi er talað um bráðnun. Hvað kallast andstætt ferli, þ.e. þegar efni fer úr vökvaham í fastan ham?
7. Þegar efni fer úr vökvaham í gasham er talað um gufun. Hvað kallast andstætt ferli, þ.e. þegar efni fer úr gasham í vökvaham?
8. Efnatákn járn er Fe. Notaðu táknin s, l og g til að skrifa efnatákn fyrir járn í föstum, fljótandi og gaskenndum ham.

fast efni	vökvi	loft
storkuhamur fast ástand	vökvahamur	



Mynd 1.10 Efni, svo sem vatn, bera ólík heiti eftir því í hvaða ham þau eru.

Efnajöfnur

Líkt og hægt er að lýsa klaka með tákninu $\text{H}_2\text{O}(\text{s})$ er hamskiptum lýst á táknrænan hátt með hjálp efnatákna og örva. Í stað þess að segja „klaki bráðnar“ er hægt að skrifa:



Lýsing af þessu tagi kallast *efnajafna*. Efnajafna er lýsing á efnabreytingu

þar sem notuð eru efnatákn (eins og H_2O) í stað orða og ör í staðinn fyrir verður að eða breytist í.

Verkefni

9. Lýstu gufun járns með efnajöfnu.
10. Lýstu þéttingu járns með efnajöfnu.

Athugun

Af hverju kemur móða?

Andaðu á spegil. Hvað gerist? Hvers vegna?

Lýstu breytingunni með efnajöfnu!

Tafla 1.3
Bræðslu- og suðumark nokkurra efna

Efni	Bræðslumark (°C)	Suðumark (°C)
vetni	– 259	– 253
etanól	– 117	78,5
vatn	0	100
járn	1535	2750
kvikasilfur	– 39	357
volfram	3407	5555

Bræðslumark og suðumark

Efni bráðna við ákveðið hitastig og sjóða við ákveðið hitastig. Þetta er *bræðslumark* og *suðumark* efnanna. Eins og tafla 1.3 gefur vísbendingu um eru þessi mörk æði mismunandi. Bræðslumark vetnis er -259 °C en járns 1535 °C svo tekin séu dæmi.

Af töflu 1.3 má greina hvenær (við hvaða hita) efni er í tilteknum ham. Tökum vatn sem dæmi. Ef hitinn er lægri en 0 °C hlýtur vatn að vera fast efni (klaki) því það hefur enn ekki náð bræðslumarkinu. Vatn bráðnar við 0 °C . Þá breytist það í vökva sem sýður við 100 °C .

Vatn er með öðrum orðum vökvi á ákveðnu hitabili: 0 til 100 °C .



Mynd 1.11 Bráðið ál. Þegar ál er framleitt birtist það fyrst sem vökvi. Þegar það kólnar niður fyrir 660 °C (sem er bræðslumark þess) storknar það og við fáum ál í föstu formi, af svipuðu tagi og álpappír sem allir þekkja.

Svipaða sögu má segja af öðrum efnum. Þau geta verið í mismunandi ham og fer það einkum eftir hitanum hver hamurinn er. Ál, til dæmis, birtist okkur yfirleitt sem fast efni enda er það í föstu formi alveg upp að bræðslumarkinu sem er 660 °C en þá bráðnar það, verður fljótandi. Sé fljótandi ál hitað upp í 2467 °C breytir álið enn um ham, fer yfir í gasham því nú hefur það náð suðumarki. Ál er sem sagt fast efni upp að 660 °C , fljótandi á bilinu 660 til 2467 °C en fer yfir í gaskennt ástand ef hitinn er hækkaður enn frekar (mynd 1.11).

Af þessu má ljóst vera að eitt og sama efnið getur verið fast, fljótandi eða gaskennt. Það ræðst af hitanum í hvaða ham efnið er. Engu að síður tíðkast að flokka efni sem föst, vökva eða gastegundir. Til dæmis er talað um ál sem fast efni og súrefni sem gastegund enda þótt bæði þessi efni geti tekið

á sig mismunandi ham. Þegar efni eru flokkuð með þessum hætti er miðað við ákveðið hitastig og þá yfirleitt 25 °C sem kallast *stofuhiti*. Þegar sagt er að súrefni sé gastegund er átt við að það sé gastegund við 25 °C. Þegar sagt er að vatn sé vökvi þá er átt við að vatn sé fljótandi við 25 °C og þegar sagt er að ál sé fast efni er átt við að það sé fast efni við 25 °C.

- Þegar sagt er að efni sé fast, vökvi eða gas er átt við ham þess við 25 °C.

Verkefni

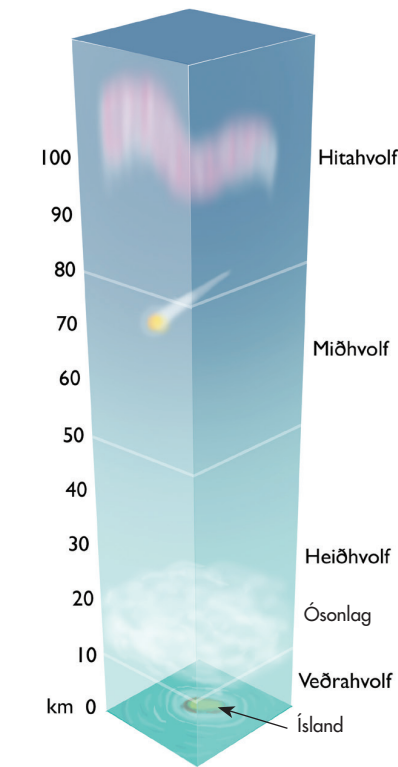
- 11. Skoðaðu töflu 1.3. Hver efnanna eru föst efni, hver vökvar og hver gastegundir ef við notum stofuhita, 25 °C, sem viðmiðun.
- 12. Hugsum okkur að kvikasilfur sé geymt við – 50 °C. Hver ætti hamur þess að vera við þennan hita?

Suðumark og loftþrýstingur

Ef vatn er sett í pott og hitað á eldavél hitnar það smám saman. Stórar loftbólur fara að myndast á botni pottsins og berast upp á yfirborðið. Vatnið *sýður*. Ef við mælum nú hitann í vatninu með hitamæli finnum við *suðumark* þess. Venjulega er suðumark vatns *nálægt* 100 °C. Hér er lögð áhersla á orðið „nálægt“. Suðumark efna er nefnilega háð *loftþrýstingnum* sem getur verið breytilegur frá degi til dags og frá einum stað til annars (tafla 1.4). Loftþrýstingur er þrýstingur frá andrúmsloftinu eða lofthjúpunum sem umlykur jörðina. Loft er sem sé efni og þó það sé létt í sér hefur það engu að síður þyngd. Það þrýstir þess vegna á alla hluti á yfirborði jarðar, til dæmis vatn sem er að komast að suðu í pottinum heima hjá þér. Segja má að loftið liggi ofan á vatninu og haldi því „niðri“ að vissu marki.

Eins og þú hefur kannski tekið eftir tala veðurfræðingar gjarnan um *hæðir* og *lægðir* (sjá mynd 1.13 bls. 16). Þegar sagt er að lægð sé yfir landinu er átt við að loftþrýstingurinn sé tiltölulega lítill. Á hinn bóginn merkir hæð yfir landinu að loftþrýstingurinn sé tiltölulega hár, eða mikill. Ef lægð er yfir landinu þegar þú mælir hitann í sjóðandi vatni í pottinum heima má búast við því að hann mælist nálægt 98 °C. Sé aftur á móti hæð yfir landinu er hitinn líklegast á bilinu 101 til 102 °C (tafla 1.4).

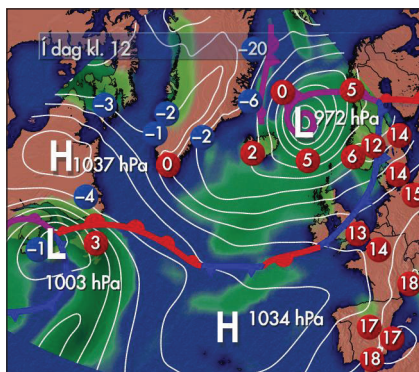
Loft þynnist eftir því sem ofar dregur og þá um leið loftþrýstingurinn. Á toppi Mount Everest, sem er tæplega 9000 metra hátt, er loftþrýstingurinn um það bil fimm sinnum minni en við sjávarmál. Þar er suðumark vatns nálægt 70 °C.



Mynd 1.12 Lofthjúpur jarðar nær upp í rúmlega 100 km hæð og er gjarnan skipt í svæði eða hvolf eins og myndin sýnir. Næst jörðu er veðrahvolfið, kallað svo vegna þess að þar eru „hýbýli vindanna“. Í efri hvolfunum er kyrrstaða; aðstæður breytast lítið sem ekkert frá degi til dags. Jörðin togar til sín alla hluti, þar á meðal efni lofthjúpsins. Lofthjúpurinn liggur þess vegna sem farg á öllu yfirborði jarðar og því sem þar er að finna. Þetta köllum við loftþrýsting.

Tafla 1.4
Suðumark vatns við mismunandi loftþrýsting

Loftþrýstingur (hektópasköl)	Suðumark (°C)
957,6 (lægð)	97,71
1013,0 (staðalþrýstingur)	100,00
1064,0 (hæð)	101,44



Mynd 1.13 Veðurkort. Eitt helsta einkenni slíkra korta eru táknin H og L. H stendur fyrir „hæð“ og vísar á svæði þar sem loftþrýstingur er tiltölulega hár en L fyrir „lægð“ og vísar á svæði þar sem loftþrýstingur er tiltölulega lágur.



Mynd 1.14 Glasinu er haldið þannig að brún þess nemi við álformið.

Af þessum dæmum má ljóst vera að suðumark vatns er breytilegt. Þegar vísindamenn segja að suðumark vatns sé 100 °C meina þeir að það sjóði við þennan hita við ákveðinn loftþrýsting eða 1013 hektópasköl. Hið sama á auðvitað við um önnur efni.

- Með suðumarki efnis er átt við suðumark þess við ákveðinn loftþrýsting, nánar tiltekið 1013 hektópasköl – sem kallast staðalþrýstingur.

Athugun

Hvað er kertalogi?

1. Kveiktu á meðalstóru kerti. Horfðu í logann. Hvernig lítur hann út? Horfðu á kveikinn og umhverfi hans. Til hvers er kveikurinn? Taktu eftir vökvanum kringum kveikinn. Hvaða efni er þetta? Hvernig hefur það myndast?
2. Teiknaðu mynd af efsta hluta kertisins. Hafðu myndina frekar stóra og reyndu að draga fram með skýrum hætti litina í loganum og nánasta umhverfi logans.
3. Kveiktu á sprittkerti. Hvolfdu köldu glerglasi yfir logann þannig að neðri brún þess nemi við brún álformsins sem sprittkertið er í (mynd 1.14). Fylgstu vel með innra borði glassins. Sérðu einhverjar breytingar? Taktu glasið frá loganum og strjúktu innra borð glassins með fingrinum. Skráðu athuganir þínar.

Efnabreytingar

Vatn gufar upp, sykurmoli leysist í vatni, bíll ryðgar, kerti brennur. Allt eru þetta dæmi um *efnabreytingar* í umhverfi okkar. En við sjálf erum líka nokkurs konar efnaverksmiðjur. Líkami okkar er samsettur úr aragrúa frumna og í hverri frumu eiga sér stað efnabreytingar af ýmsu tagi, bæði til endurnýjunar á þeim efnum sem fruman er gerð úr og til orkuframleiðslu. Við þurfum orku til að hreyfa okkur og hugsa og þessa orku fáum við úr fæðuefnum, einkum kolvetnum og fitu.

Efnabreytingum má skipta í þrjá flokka: *hamskipti*, *leysingar* og *efnahvörf*. Hamskipti höfum við þegar fjallað um. Sykurmoli að leysast upp í vatni, tei eða kaffi er dæmi um leysingu. Við segjum að sykurmolinn sé að *leysast upp* í vökvanum. Efnahvörf eru róttækustu efnabreytingarnar. Þá verða til ný efni. Bruni er dæmi um efnahvarf. Þegar kerti brennur sjáum við að kertavaxið eyðist smátt og smátt. Áður fyrr trúðu menn, jafnvel þeir

sem kölluðu sig efnafræðinga, að kertavaxið hyrfi bara, yrði að engu. Nútíma efnafræði lítur þetta öðrum augum: Efni geta ekki horfið sporlaust. Það verður eitthvað um þau. Vissulega eyðist kertavaxið smám saman þegar kerti brennur. En það hverfur ekki sporlaust. *Ný efni koma í staðinn*. Þú sást væntanlega að það kom móða innan á glasið sem þú hélst yfir kertaloganum. Þetta var vatn. Þegar kerti brennur myndast vatn. Vatnið kemur í stað efna sem eyðast við brunann. Vegna hitans í loganum er vatnið í formi vatnsgufu sem þéttist á köldu yfirborði glassins og myndar örliða vatnsdropa sem birtast okkur sem móða.

Athugun

Hvernig verkar matarsódi?

1. Í eldhúsinu eru ýmis athyglisverð efni, til dæmis matarsódi. Matarsódi er m.a. notaður til baksturs. En hvaða hlutverki gegnir hann? Til að kanna málið skaltu gera tilraun.
2. Þú þarft tvær litlar skálar, tvær matskeiðar, eina teskeið, hveiti, matarsóda og vatn. Hitaðu bökunarofn í 175 °C.
3. Settu eina matskeið af hveiti í hvora skál. Blandaðu síðan sléttfullri teskeið af matarsóda saman við hveitið í annarri skálinni en ekki hinn. Hrærðu vel með skeiðinni. Bættu nú einni matskeið af vatni í báðar skálar og hrærðu vel. Hnoðaðu deigið og búðu til eina litla kúlu úr hvoru deigi. Reyndu að hafa kúlurnar jafnstórar. Bættu hveiti eða vatni við eftir þörfum. Merktu kúluna með matarsódanum, til dæmis með búi af eldspýtu. Settu kúlurnar á bökunarplötu. Hafðu bökunarpappír undir þeim. Bakaðu kúlurnar í um það bil 10 mínútur. Fylgstu með kúlunum öðru hvoru. Sérðu einhvern mun á þeim?
Upplýsingar: Þegar matarsódi hitnar nægilega mikið fer hann að sundrast. Við sundrunina myndast m.a. lofttegund, koltvíoxíð eða CO₂.
4. Þegar kúlurnar hafa kólnað skaltu skera þær í tvennt. Skoðaðu vandlega innan í þær, helst með stækkunargleri. Sérðu mun á þeim?
5. Taktu venjulega brauðsneið og skoðaðu hana vandlega. Parna sérðu fullt af litlum glufum. Hvernig skyldu þessar glufur hafa orðið til?
6. Skilurðu núna hvernig matarsódi verkar við bakstur? Útskýrðu.

Samantekt

Í þessum kafla höfum við skyggst svolítið inn í heim efnafræðinnar, kynnst aðeins hinu sérstaka tungumáli hennar, orðum og táknum sem notuð eru. Það hefur komið fram að efnafræðingar skipta efnum gjarnan í tvo meginflokka, hrein efni og efnablöndur. Flest sem við sjáum í umhverfi okkar og flest sem við látum ofan í okkur eru efnablöndur, til dæmis kranavatn og mjólk. Hreint efni er andstæða efnablöndu. Þegar efnafræðingur segir að efni sé *hreint* á hann við að það sé ekki efnablanda heldur eitt tiltekið efni, annaðhvort frumefni eða efnasamband. Í kranavatni eru mörg efni, aðallega vatn (H_2O) en líka ýmis önnur efni sem vatnið hefur leyst til sín á leið sinn um berg og jarðveg. Ef kranavatn er eimað fæst vökvi sem er bara vatn, nánar tiltekið efnasambandið H_2O . Af formúlunni má sjá að þetta efnasamband er samsett úr tveimur frumefnum, vetni (H) og súrefni (O).

Í kaflanum hefur líka verið fjallað stuttlega um efnabreytingar, þ.e.a.s. hamskipti, leysingar og efnahvörf. Við hamskipti tekur efni á sig nýjan ham, gufar til dæmis upp. Þegar te er búið til leysast sum efni í teinu upp í heitu vatni og gefa því bragð. Þegar bíll ryðgar eða kerti brennur verða efnahvörf, þar sem viss efni eyðast um leið og ný efni verða til.

Verkefni

13. Ímyndum okkur að þú sjóðir vatn í potti uppi á Öræfajökli og mælir hitann í vatninu þegar það fer að sjóða. Er líklegt að hitinn mælist yfir $100\text{ }^\circ\text{C}$? Útskýrðu svar þitt.
14. Flokkaðu eftirfarandi efni í frumefni og efnasambönd.

a) H	b) Hg	c) HF	d) Br
e) K_2O	f) KMnO_4	g) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	h) CuCl_2
i) S_8	j) Na	k) KI	l) H_2
15. Hjartarsalt er efni sem oft er að finna í eldhúsum og er helst notað sem lyftiefni í smákökubakstri. Formúla efnisins er $(\text{NH}_4)\text{HCO}_3$.
 - a) Úr hvaða frumefnum er hjartarsalt samsett? Skrifðu bæði tákn þeirra og heiti.
 - b) Við bakstur rofnar hjartarsaltið og þá myndast gastegundin ammóníak $\text{NH}_3(\text{g})$ sem hjálpar til við að lyfta deiginu. Er ammóníak frumefni eða efnasamband? Útskýrðu!

16. Hvers konar efnabreytingar (hamskipti, leysingu eða efnahvörf) sýna eftirfarandi efnajöfnur? Tilgreindu bæði heiti efnanna og hvers konar breytingu er um að ræða.

- a) $\text{Al(s)} \rightarrow \text{Al(l)}$
- b) $\text{Fe(l)} \rightarrow \text{Fe(s)}$
- c) $\text{N}_2(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2(\text{l})$

17. Ímyndaðu þér að þú takir hreint (eimað) vatn og hrærir dálitlu af matarsalti saman við það uns það hverfur sjónum þínum.

- a) Er hér um efnahvarf, leysingu eða hamskipti að ræða?
 - b) Er saltvatnið efnasamband eða efnablanda?
- Útskýrðu svar þitt.

Prautir

1. Ílát með 1 lítra af vatni stendur á hitaplötu sem stillt er á 3 (sjá mynd 1.15). Vatnið sýður og hitamælirinn sýnir 100 °C. Nú er hitaplatan stillt á 6. Hvað gerist?

Skráðu í vinnubók þann valkost sem þú telur réttan og rökstyddu val þitt.

- a) hitinn hækkar
- b) hitinn breytist ekki
- c) hitinn lækkar

2. Skoðaðu aftur mynd 1.15. Það streyma loftbólur upp af botninum þegar vatnið sýður. Úr hverju skyldu þessar loftbólur vera? Veldu þann valkost sem þú telur réttan og rökstyddu val þitt.

- a) andrúmslofti
- b) vatnsgufu
- c) súrefni og vetni



Mynd 1.15 Úr hverju skyldu loftbólurnar vera?

Kafli 2

FRUMEINDIR OG SAMEINDIR

Athugun

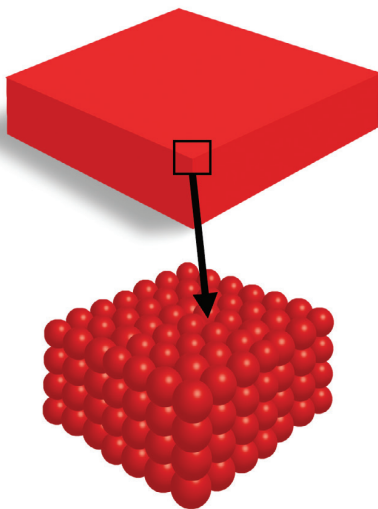
Hvað er lykt?

1. Fáðu lánað ilmvatn eða rakspíra. Skrúfaðu tappann af og láttu glasið standa opið á borði fyrir framan þig. Eftir nokkra stund ættir þú að finna lykt. Hvernig gerist þetta? Hvernig finnur maður lykt? Hvað er lykt?
2. Hugleiddu þessar spurningar og settu hugsanir þínar á blað. Notaðu gjarnan teikningar til að útskýra hugmyndir þínar.

Heimurinn er fullur af spennandi fyrirbærum. Jafnvel hversdagslegir hlutir eins og vatn, loft, ilmvatn, kertalogi og bakstur eru, þegar grannt er að gáð, hin merkilegustu fyrirbæri og hafa reyndar verið undrunarefni fólks öldum saman. Til dæmis velti Rómverjinn Lúkretíus því fyrir sér hvernig klæði sem hengd væru til þerris gætu þornað og komst að þeirri niðurstöðu að ósýnilegar vatnskúlur hrykkju af klæðunum.

Getur það hugsast? Getur verið að vatn sé samsett úr litlum kúlum? Er þetta ekki fáránleg hugdetta? Ímyndaðu þér vatn í glasi. Er líklegt að vatnið sé samsett úr einhverjum kúlum? Er ekki nær að ætla að vatnið sé ein samfelld heild?

Raunar deildu heimspekingar um þetta öldum saman, það er að segja hvort efnislegir hlutir væru ein órofa heild eða samsettir úr einhvers konar minnstu ögnum eða eindum (mynd 2.1). Grikkinn *Demókrítos*, sem var uppi á 5. öld fyrir Krist, hélt því fram að allt efni væri gert úr ósýnilegum minnstu ögnum sem hann kallaði *atomos* en það er grískt orð sem merkir ódeilanlegur. Hugmynd Demókrítosar var að tæki maður til við að skipta hlut, til dæmis steini, niður í sífelld minni og minni agnir hlyti maður að enda með agnir sem ekki væri hægt að bíta frekar niður. Þessar ódeilanlegu agnir væru *atomos* eða *frumeindir* efnisins. Þessi hugmynd hlaut hins vegar ekki náð hjá Aristótelesi sem einnig var heimspekingur í Grikklandi hinu forna og uppi um svipað leyti og Demókrítos. Hugsði ykkur línu, sagði hann. Hver getur mótmælt því að henni sé ekki hægt að skipta niður



Mynd 2.1 Er efni samfelld (efri mynd) eða samsett úr ósýnilegum og ódeilanlegum ögnum (neðri mynd)?

í það óendanlega? Ef hægt er að skipta línu niður í það óendanlega hlýtur að vera hægt að gera hið sama með efnið. Eitthvað þessu líkt hugsaði Aristóteles. Hann var áhrifamikill og hugmynd hans varð ríkjandi hugmynd í heimi náttúruvísindanna næstu tvö þúsund árin.

Athugun

Er hægt að þjappa lofti saman?

1. Fáðu þér plastsprautu. Dragðu andrúmsloft inn í hana.
2. Bíddu nú augnablik og settu fram *tilgátu* um hve mikið þú getir þjappað loftinu saman. Skrifðu tilgátuna hjá þér.
3. Haltu fingri þéttingsfast fyrir opið á sprautunni og ýttu stimplinum inn á við eins langt og þú getur en gættu þess þó að skemma ekki sprautuna (sjá mynd 2.2).
4. Lýstu athugun þinni og niðurstöðum. Stóðst tilgáta þín?
5. Dragðu aftur loft inn í sprautuna og þjappaðu því saman. Nú skaltu beina athyglinni að stimplinum þegar þú sleppir takinu á honum. Hvað gerist?
6. Segir þessi athugun þér eitthvað um andrúmsloft? Settu hugmyndir þínar á blað. Notaðu gjarnan teikningar til útskýringa.



Mynd 2.2 Nota má ólíkar stærðir af sprautum í þessa tilraun.

Frumeindakennið endurreist

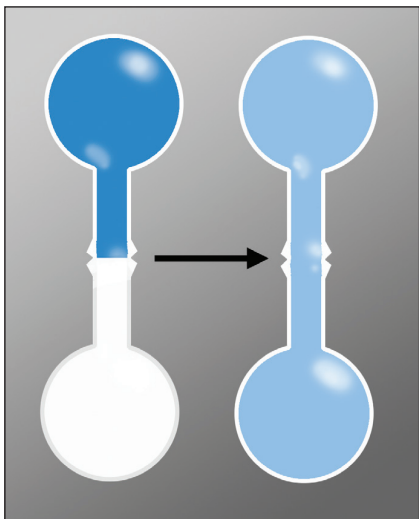
Efnafræðin varð ekki eiginleg vísindagrein fyrr en undir lok 18. aldar og má það einkum þakka Frakkanum Lavoasier sem minnst var á í 1. kafla. Með úthugsuðum tilraunum og nákvæmum mælingum tókst honum m.a. að sýna fram á að andrúmsloft væri ekki frumefni heldur blanda tveggja gastegunda, niturs og súrefnis, sem hvor um sig væri raunverulegt frumefni.

En hvað er andrúmsloft eiginlega? Hvernig lítur það út? Hugsum okkur að við hefðum ofursmásjá og beindum henni að loftsfýrninu sem þú dróst inn í plastsprautuna þína í athugun þinni. Hvað myndum við sjá?

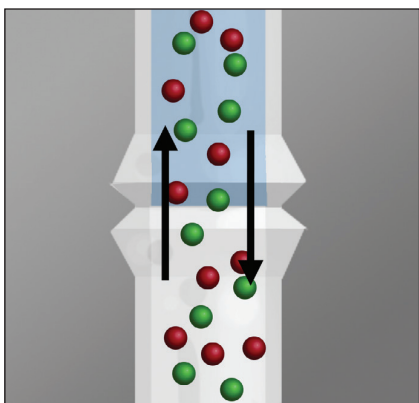
Kannski hefur Englendingurinn John Dalton (1766–1844) spurt sjálfan sig spurninga af þessu tagi. Víst er að hann hafði mikinn áhuga á veðurfræði, gerði til að mynda veðurathuganir alla sína ævidaga. Engum blandast hugur um að veður og andrúmsloft tengjast nánnum böndum. Vilji maður skilja veður og veðurfar er því eðlilegt að athygli manns beinist að andrúmslofti. Þetta skynjaði Dalton. Hann fékkst mikið við að rannsaka andrúmsloft og tók sýni af því á ýmsum stöðum. Hann hafði lesið um tilraunir Lavoasiers og vissi því að andrúmsloft væri efnablanda, blanda



Mynd 2.3 John Dalton.



Mynd 2.4 Tilraun Daltons. Flösku með léttari gastegund var hvolft yfir aðra með þyngri gastegund. Eftir nokkra stund höfðu gastegundirnar blandast fullkomlega.



Mynd 2.5 Skýring Daltons. Gastegundirnar blandast vegna þess að kúlurnar sem þær eru gerðar úr eru á hreyfingu og fylla allt það rými sem þeim stendur til boða.

niturs og súrefnis. Það sem vakti hins vegar athygli hans var að efnasamsetning andrúmsloftsins í sýnunum sem hann tók virtist alltaf vera eins. Það skipti engu máli hvar hann tók sýni af andrúmslofti, ætíð var hlutur niturs um 80% af þyngdinni og súrefnis 20%. Hvernig gat staðið á þessu? Hvernig gátu gastegundirnar blandast svona rækilega?

Líkt og Lavoiser hafði Dalton mikið yndi af því að gera tilraunir. Í einni tilraun fyllti hann tvær flöskur með gasi, aðra með þungu gasi, hina með léttu. Hann lét nú flöskuna með þyngra gasinu standa á borði en hvolfdi flöskunni með léttu gasinu yfir hana þannig að stútarnir mættust (mynd 2.4).

Að nokkrum tíma liðnum kannaði hann efnasamsetningu loftsins í báðum flöskunum og sá þá að þar var enginn munur á. Gastegundirnar tvær höfðu blandast fullkomlega.

Hvernig gat þetta gerst? Mynd 2.5 gefur hugmynd um skýringu Daltons á þessu fyrirbæri. Hann hélt því einfaldlega fram að hvor gastegundin um sig væri gerð úr kúlum á sífeldri hreyfingu um það rými sem þeim stæði til boða. Þegar stútar flöskanna mættust opnaðist aukið rými fyrir kúlur beggja gastegundanna sem þutu nú látlaust hver fram hjá annarri, þangað til kúlur beggja gastegundanna höfðu dreift sér jafnt um báðar flöskurnar. Þegar svo var komið væri innihaldið í báðum flöskunum nákvæmlega eins og efnasamsetningin þar með sú sama.

Hér gæti verið komin skýringin á því af hverju efnasamsetning andrúmslofts er ætíð sú sama, hugsaði Dalton. Gastegundirnar sem andrúmsloft er gert úr eru í reynd örlitlar, ósýnilegar kúlur á þeytingi um rýmið og dreifa sér eins og kostur er.

Víkjum nú að athugun þinni með plastsprautuna. Væntanlega komstu að þeirri niðurstöðu að það væri tiltölulega auðvelt að þjappa loftinu saman. Þessi niðurstaða kemur heim við þá hugmynd Daltons að andrúmsloft sé í raun ósýnilegar kúlur á stanslausri ferð um það rými sem þeim stendur til boða. Kúlurnar taka aðeins lítinn hluta af rýminu en að mestu leyti er það tómarúm. Sú staðreynd að við getum ýtt stimplinum svona langt inn í sprautuna styður þetta. Það sem gerist, samkvæmt þessari kenningu, er að kúlurnar þjappast saman og fá þá minna rými til ráðstöfunar (mynd 2.6).

Nú tókstu líka eftir því að stimpillinn skaust upp aftur þegar þú slepptir takinu á honum. Af hverju? Ef við göngum út frá hugmyndinni um kúlur á fleygiferð hljótum við að gera ráð fyrir því að kúlurnar séu sífellt að rekast á innra borð plastsprautunnar. Árekstur veldur þrýstingi. Ef einhver

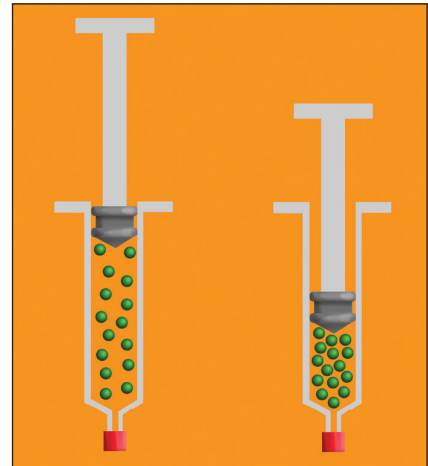
kastar í þig bolta finnur þú fyrir boltanum vegna þess að hann veldur ákveðnum þrýstingi á líkama þinn á þeim stað sem hann lendir á. Eftir því sem boltanum er kastað af meira afli, því meira finnur þú. Ef mörgum boltum er kastað í þig samtímis verða áhrifin auðvitað enn meiri. Þegar þú ýttir stimplinum á plastsprautunni inn tókstu væntanlega eftir vaxandi þrýstingi frá stimplinum. Því lengra sem þú ýttir stimplinum inn þeim mun meira afli þurftir þú að beita. Þetta má skýra á eftirfarandi hátt: Þegar stimplinum er ýtt inn þjappast kúlurnar saman með þeim afleiðingum að árekstrum á innviði sprautunnar fjölga og þrýstingurinn á stimplinn innan frá eykst jafnt og þétt (mynd 2.6). Að lokum verður mótstaðan svo mikil að þú getur ekki ýtt stimplinum lengra inn. Ef þú sleppir takinu á þessu andartaki skýst stimpillinn til baka þangað til hann nær jafnvægi, þ.e. kemst í þá stöðu þar sem þrýstingur á stimplinn innan frá er jafn þrýstingnum frá andrúmsloftinu utan við sprautuna. Við megum ekki gleyma andrúmsloftinu fyrir utan sprautuna. Andrúmsloftið er efni með þyngd og verkar þess vegna á alla hluti á yfirborði jarðar. Áhrifin köllum við loftþrýsting (sbr. bls. 15).

Á grundvelli tilrauna sinna setti Dalton fram frumeindakenningu um efni og efnabreytingar. Meginþættir kenningarinnar eru eftirfarandi:

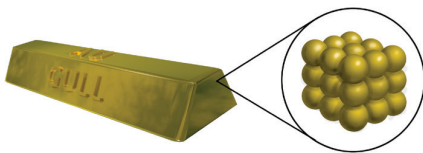
Frumeindakening Daltons

- Allt efni er gert úr litlum ögnum, frumeindum.
- Frumeind er ekki hægt að búa til og frumeind getur ekki eyðst.
- Frumeindir tiltekins frumefnis eru eins, til dæmis allar jafnstórar og jafnþungar.
- Frumeindir mismunandi frumefna eru ólíkar, til dæmis misstórar og misþungar.
- Frumeindir geta tengst saman í stærri einingar og myndað sambandsfrumeindir (sameindir).

Athugaðu vel að frumeindakening Daltons á við um *allt efni*. Samkvæmt henni eru byggingareiningar efna tvenns konar, *stakar frumeindir* og mismunandi samtengingar þeirra, sem Dalton kallaði sambandsfrumeindir en við köllum *sameindir*. Sameind er með öðrum orðum ögn sem gerð er úr tveimur eða fleiri frumeindum.



Mynd 2.6 Þegar gasi er þjappað saman fá kúlurnar minna rými og rekast því oftar á innra borð sprautunnar, þar með talið stimplinn. Sá sem ýtir stimplinum inn finnur þá fyrir vaxandi þrýstingi frá innilokaða gasinu.

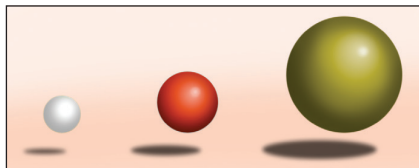


Mynd 2.7 Vinstra megin er gullklumpur. Hægra megin hefur hluti af klumpinum verið stækkaður 100 milljón sinnum.

Athugun

Einkennilegt háttalag gosflösku

Fáðu þér stóra (2 lítra) gosflösku, klemmdu hana saman og skrúfaðu tappann þéttingsfast á. Láttu nú heitt vatn renna á flöskuna. Fylgstu vel með. Hvað gerist? Geturðu útskýrt það sem þú sérð með hliðsjón af frumeindakenningu Daltons, þ.e. út frá þeirri hugmynd að loft sé í raun litlar kúlur á þeytingi?



Mynd 2.8 Frumeindir eru misstórar.



Mynd 2.9 Margar gastegundir eru gerðar úr parsameindum.

Frumeindir og sameindir

Frumeindakenning Daltons hefur í meginráttum staðist tímans tönn. Efnafraðingar á okkar tímum ganga út frá því að allt efni sé gert úr frumeindum sem geti tengst innbyrðis og myndað margs konar sameindir. Þegar efnafraðingur hugsar um málma á borð við gull sér hann fyrir sér *kúlulaga gullfrumeindir* sem eru allar eins og liggja þétt saman líkt og mynd 2.7 sýnir. Hann fellst líka á þá hugmynd Daltons að frumeindir ólíkra frumefna geti verið misstórar og misþungar (mynd 2.8).

Dalton trúði á einfaldleikann. Til dæmis gerði hann ráð fyrir því að frumefni væru alltaf samsett úr *stökum* frumeindum. Athuganir seinni tíma hafa sýnt að þetta á ekki við um öll frumefni. Til dæmis vitum við nú að súrefni er ekki samsett úr stökum frumeindum heldur *parsameindum*, sameindum þar sem tvær súrefnisfrumeindir tengjast (mynd 2.9). Til að áréttu þetta er súrefni yfirleitt lýst með tákni O_2 . Talan 2 undirstrikar að hér er um parsameindir að ræða. Sama gildir raunar um frumefnin vetni, nitur, flúor, klór, bróm og jod og eru þau því táknuð á sama hátt: H_2 , N_2 , F_2 , Cl_2 , Br_2 og I_2 . Sum frumefni eru samsett úr ögn flóknari sameindum. Til dæmis eru sameindir fosfórs úr fjórum fosfórfrumeindum og sameindir brennisteins úr átta sameindum. Eðlileg tákn þessara frumefna eru því P_4 og S_8 .

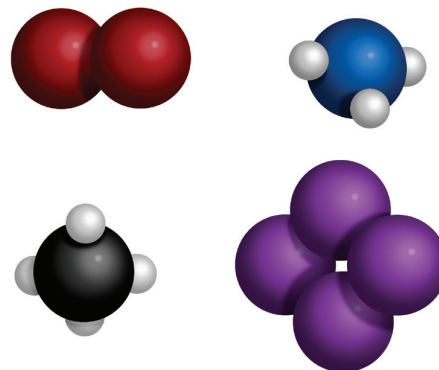
Dalton vissi að vatn væri samsett efni og að það væri samsett úr frumefnunum vetni og súrefni. Trúr frumeindakenningu sinni og hugmyndinni um einfaldleikann gerði hann ráð fyrir því að vatn væri samsett úr vatnssameindum og að hver vatnssameind væri samsett úr einni vetnisfrumeind og einni súrefnisfrumeind (mynd 2.10 a). Miðað við þessa hugmynd og nútíma efnatákn væri formúla vatns HO . Athuganir seinni tíma hafa hins vegar leitt í ljós að vatnssameindin er gerð úr tveimur vetnisfrumeindum og einni súrefnisfrumeind (mynd 2.10 b). Formúla vatns er því með réttu H_2O .



Mynd 2.10 Mismunandi líkön af vatnssameindinni. (a) Líkan Daltons. (b) Líkan nútíma efnafraðði.

Verkefni

1. Mynd 2.11 sýnir líkön af fjórum algengum sameindum. Tvær þeirra tilheyra frumefnum en hinar tvær efnasamböndum. Hverjar tilheyra frumefnum og hverjar efnasamböndum? Færðu rök fyrir svari þínu.
2. Gefum okkur að blá kúla tákni niturfrumeind (N), hvít vetni (H), svört kolefni (C), rauð súrefni (O) og fjólublá fosfór (P). Hver eru þá tákn sameindanna á mynd 2.11? Teiknaðu líkönin í vinnubók og ritaðu heiti þeirra undir.



Mynd 2.11 Fjórar mismunandi sameindir.

Frumefni og efnasambönd

Með frumeindakenningu Daltons að vopni er auðveldara að skilja hugtökin frumefni og efnasamband:

- *Frumefni er efni sem gert er úr einni tegund frumeinda.*

Járn er frumefni. Þetta merkir að allar frumeindir járns eru eins. Sama máli gegnir um önnur frumefni, jafnvel þó að byggingareiningar þeirra séu sameindir eins og hjá súrefni (O_2) og brennisteini (S_8).

- *Efnasamband er efni sem samsett er úr minnst tveimur tegundum frumeinda.*

Vatn er efnasamband. Byggingareining þess (H_2O) geymir tvær vetnisfrumeindir og eina súrefnisfrumeind. Matarsalt er annað dæmi um efnasamband. Byggingareining matarsalts er $NaCl$. Matarsalt er samsett úr tveimur tegundum frumeinda, natrín (Na) og klór (Cl).

Um efnasambönd gildir almennt að þau hafa ákveðnar *formúlur*. Formúla vatns er H_2O og formúla matarsalts er $NaCl$. Formúla er eitthvað fast, eitthvað sem breytist ekki. Vatn er alltaf H_2O og matarsalt er alltaf $NaCl$. Efnasambönd geta verið talsvert flókin. Formúla strásykurs er til að mynda $C_{12}H_{22}O_{11}$. Strásykur er með öðrum orðum gerður úr sameindum sem hver um sig inniheldur þrjár tegundir frumeinda.

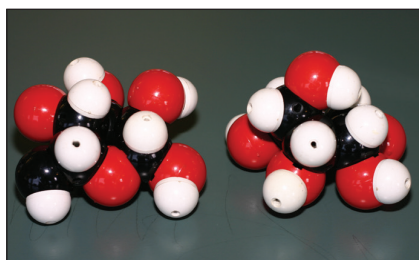
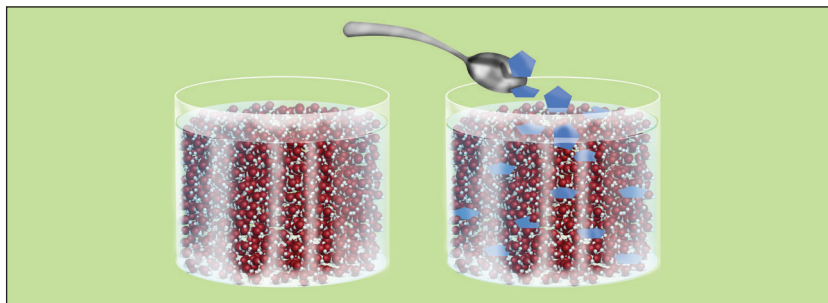
Verkefni

3. Hvaða frumeindir eru í strásykri?
4. Hvað eru margar frumeindir í hverri strásykurssameind?

Efnablöndur

Myndin sýnir í einföldum dráttum muninn á efnasambandi og efnablöndu.

Mynd 2.12 Vatn (H_2O) er efnasamband og strásykur ($C_{12}H_{22}O_{11}$) er það líka. Ef þessum efnum er blandað saman verður til efnablanda, sykurvatn. Hér er strásykursameind táknud með bláum fimmhyrningi.



Mynd 2.13 Strásykursameind er í raun samsett sameind, það er að segja samsett úr tveimur minni sameindum, annars vegar þrúgusykursameind (vinstra megin á myndinni), hins vegar ávaxtasykursameind (hægra megin).

Hreint (eimað) vatn er efnasamband. Í hreinu vatni eru bara vatnssameindir og þær eru allar eins. Strásykur er líka efnasamband. Hreinn sykur er samsettur úr sykursameindum og þær eru allar eins. Ef vatni og strásykri er blandað saman fæst sykurvatn. Sykurvatn er efnablanda. Sykurvatn geymir tvenns konar sameindir, vatnssameindir og sykursameindir.

- *Almennt gildir um efnablöndur að þær geyma fleiri en eina gerð sameinda. Í efnasambandi, aftur á móti, eru allar sameindirnar eins. Í þessu felst munurinn á efnasambandi og efnablöndu.*

Andrúmsloft inniheldur mismunandi sameindir, aðallega nitursameindir og súrefnissameindir. Andrúmsloft er því efnablanda. Raunar eru efni í umhverfi okkar yfirleitt efnablöndur. Þetta á við um matinn sem við borðum og drykkjarföng af hvaða tagi sem er. Jafnvel kranavatnið er ekki efnasamband heldur efnablanda, sem inniheldur bæði lofttegundir sem það hefur leyst til sín úr andrúmsloftinu og steinefni af ýmsu tagi úr bergi og jarðvegi sem það hefur farið um. Sé vatnið eimað (sjá bls. 7) fæst hreint efni: efnasambandið H_2O .

Athugun

Er hægt að þjappa vatni saman?

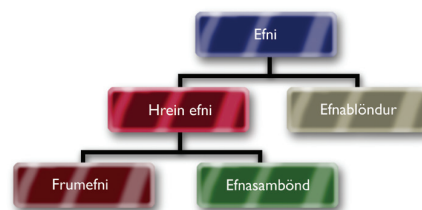
Þú hefur komist að raun um að það er hægt að þjappa andrúmslofti talsvert mikið saman. En hvað með vatn?

Dragðu vatn inn í plasticsprautu. Settu finger fyrir opið og reyndu því næst að ýta stimplinum inn. Lýstu upplifun þinni. Hvað segir þessi niðurstaða þér um eiginleika fljótandi vatns í samanburði við eiginleika andrúmslofts? Skráðu niðurstöður þínar í vinnubók.

Verkefni

5. Flokkaðu eftirfarandi efni í frumefni, efnasambönd og efnablöndur.

- | | | |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------|
| a) sjór | b) eimað vatn | c) kolefni |
| d) matarsóði (NaHCO_3) | e) mjólk | f) vatnsgufa |
| g) $\text{CO}_2(\text{g})$ | h) $\text{Cu}(\text{s})$ | |



Mynd 2.14 Algeng flokkun efna.

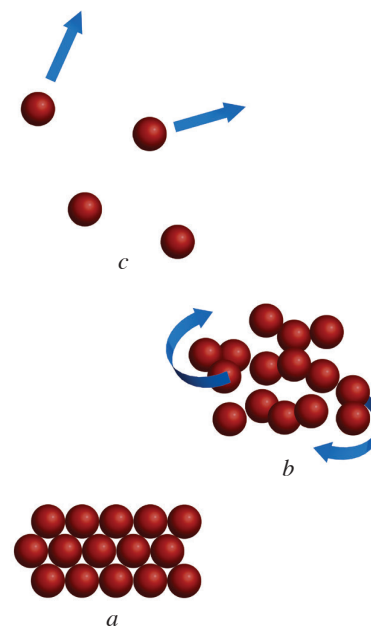
Athugun

Af hverju bráðnar klakinn?

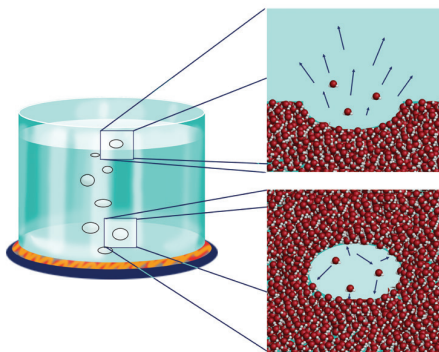
Leggðu klaka í lófa þinn og leyfðu honum að hvíla þar um stund. Fylgstu vel með. Sérðu breytingu á klakanum? Hvað sérðu? Lýstu því sem þú sérð og finnur eins vel og þú getur. Geturðu útskýrt af hverju klakinn tekur þessum breytingum? Lýstu breytingunni með efnajöfnu!

Hamskipti

Eins og fram kom í 1. kafla getur eitt og sama efnið tekið á sig mismunandi ham, verið ýmist fast, fljótandi eða loftkennt. Þannig birtist vatn okkur ýmist sem ís, vökvi eða vatnsgufa. En hver er eiginlega munurinn á þessum ástandsformum og hvað gerist þegar efni fer úr einum ham í annan? Til að skýra þetta kemur frumeindakenningin að góðum notum. Hún segir okkur að munurinn á þessum ástandsformum felist í tvennu, *þéttleika* efnisagnanna (frumeinda eða sameinda) og *hreyfingu* þeirra. Mynd 2.15 skýrir þetta. Þegar efni er í föstum ham liggja efnisagnirnar þétt saman og hafa nánast ekkert ferðafrelsi (mynd 2.15 a). Þegar efni er hitað eykst hreyfiorka efnisagnanna með þeim afleiðingum að þær fara að veltast hver um aðra (mynd 2.15 b). Við segjum að efnið bráðni. Þetta á til dæmis við þegar þú leggur klaka í lófa þinn. Þar sem lófinn er heitari en klakinn berst varmaorka úr lófanum í klakann með þeim afleiðingum að vatnssameindirnar fá aukna hreyfiorku og losna þá úr fjötrum klakans. Eftir sem áður liggja vatnssameindirnar þétt saman og hér er komin skýringin á því hvers vegna þér tókst ekki að þjappa saman vatninu sem þú dróst inn í sprautuna í tilrauninni hér á undan. Hitir þú vatn enn frekar eykst orka sameindanna jafnt og þétt og þá um leið hreyfing þeirra uns þar kemur að þær skiljast að og fara hver í sína áttina (mynd 2.15 c).



Mynd 2.15 Í föstum efnum (a) liggja agnirnar þétt saman. Þegar efni bráðna eykst hreyfing agnanna og þær fara nú að veltast hver um aðra (b). Þegar efni gufar upp segja agnirnar skilið hver við aðra og þeytast út um allt (c).



Mynd 2.16 Líkan af vatni sem er að sjóða. Loftbólurnar sem myndast við slíkar kringumstæður eru í reynd vatn í gasham. Hluti vatnssameindanna fær svo mikla orku að þær losna í vökvahamnum og þrýsta öðrum vatnssameindum til hliðar. Útkoman verður loftbóla sem stígur upp að yfirborðinu vegna þess að hún er léttari í sér en fljótandi vatnið. Þegar loftbólán kemur upp á yfirborðið springur hún og vatnssameindirnar þjóta út í andrúmsloftið í kring.

Þegar vatn sýður fara að myndast stórar loftbólur. Loftbóla í sjóðandi vökva er kúlulaga svæði þar sem viðkomandi efni er komið í gasham. Hluti sameindanna hefur nú fengið svo mikla orku að þær ryðjast fram eins og herdeildir, ýta frá sér þeim sameindum sem enn eru í vökvaham og skapa sér þannig kúlulaga svæði sem við köllum loftbólur. Eins og þú hefur líklega séð myndast loftbólur við botn þeirra íláta sem vatn er hitað í. Þetta er skiljanlegt því þar er vökvinn næst orkugjafanum og þar er hitinn mestur. Um leið og loftbóla hefur myndast við botninn stígur hún upp á yfirborðið þar sem hún springur með þeim afleiðingum að sameindirnar sem bjuggu hana til berast út í umhverfið og dreifast innan um sameindir andrúmsloftsins (mynd 2.16).

Athugun

Matarlitur í heitu og köldu vatni

Taktu tvö eins glös og fylltu annað með köldu vatni en hitt með heitu. Settu nú 3 dropa af rauðum eða grænum matarlit í hvort glásanna og fylgstu með þeim í 5 mínútur eða þar um bil. Skráðu athuganir þínar í vinnubókina.

Sástu einhvern mun á glösunum? Hver gæti skýringin verið?



Mynd 2.17 Koltvíoxíð í föstu formi er kallaður þurrís sem er m.a. notaður til að kæla matvöru. Þurrís gufar ört upp við stofuhita og myndar þá gjarnan þykkan mökk eins og sjá má á myndinni.

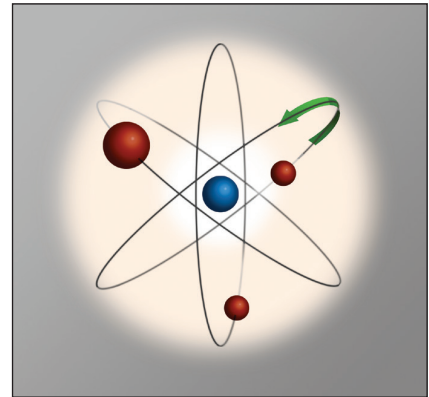
Verkefni

6. Koltvíoxíð (CO_2) er best þekkt sem lofttegund: $\text{CO}_2(\text{g})$. Hins vegar er þetta efni líka selt í föstu formi og kallast þá þurrís en hann er m.a. notaður til að kæla matvöru en einnig í leikhúsum til að líkja eftir reyk á sviði. Þessi notkun á efninu í leikhúsi byggist á því að þurrís þurrigufar sem kallað er en það merkir að hann breytist beint úr föstu ástandi í gaskennt ástand. Lýstu þurrigufun þurríss með efnajöfnu.

Skyggst inn í frumeindina

Í huga Daltons var frumeindin ódeilanleg. Hann hefði því sjálfsagt orðið mjög hissa ef hann hefði fengið tækifæri til að vakna til lífsins í dag og upplifa hvernig hugmyndir efnafræðinnar um frumeindina hafa breyst frá því hann var og hét. Dalton lést árið 1844. Rúmum fimmtíu árum síðar

fóru að berast fréttir úr heimi vísindanna þess efnis að jafnvel frumeindir væru samsettar agnir. Fyrsta vísbendingin um þetta kom fram árið 1897 en þá tilkynnti enski eðlisfræðingurinn Thompson að honum hefði tekist að sýna fram á tilvist *neikvætt hlaðinna agna* í frumeindum. Hann kallaði þær *electrons* en við segjum *rafeindir*. Á næstu árum og áratugum rak svo hver uppgötvunin aðra og smám saman gerðu menn sér ljóst að frumeindin er í raun lítill heimur út af fyrir sig. Árið 1911 setti Nýsjálendingurinn Rutherford fram frumeindalíkan þar sem frumeindin er sýnd sem nokkurs konar sólkerfi (mynd 2.18). Í miðjunni er svonefndur *kjarni* og í kringum þennan kjarna þeytast rafeindir eftir kúlulaga brautum. Nokkrum árum síðar komust menn að þeirri niðurstöðu að kjarninn væri líka samsett ögn, að hann innihéldi jákvætt hlaðnar agnir, *protons* eða, eins og við orðum það, *róteindir*. Það var svo árið 1932 sem í ljós kom að í kjarnanum væru líka hlutlausar agnir, *neutrons* eða *nifteindir*. Rafeindir, róteindir og nifteindir kallast einu nafni *öreindir*.



Mynd 2.18 Frumeindalíkan Rutherfordds.
Í miðjunni er kjarni en í kringum hann
þeytast rafeindir eftir hringlaga brautum.

Öreindir

Pótt ótrúlegt megi virðast hefur mönnum tekist að ákvarða massa öreinda. Þetta kemur fram í töflu 2.1 sem einnig sýnir tákn öreinda og hleðslu þeirra. Athugaðu að í þessu samhengi er einingin fyrir massa táknud með u, en ekki gefin í grömmum eins og við erum vön. Þetta kemur til af því að hér er um svo lítinn massa að ræða að ef miðað væri við grömm fengjust of lágar tölur, til dæmis 0,0000000000000000000000001673 g fyrir massa róteindar. Slíkar tölur er erfitt að vinna með.

Af töflu 2.1 kemur fram að róteindir og nifteindir hafa svipaðan massa, um það bil 1 u. Hins vegar er rafeind mun léttari, raunar ekki nema lítið brot (1/2000) af massa hinna öreindanna. Nú vitum við að kjarninn er samsettur úr þungu öreindunum, það er að segja róteindum og nifteindum. Þetta merkir að massi frumeindar er að langmestu leyti fólgin í kjarna hennar.

Tafla 2.1
Öreindir

Öreind	Tákn	Massi (u)	Hleðsla
róteind	p^+	1,0073	1+
nifteind	n^0	1,0087	0
rafeind	e^-	0,00055	1-

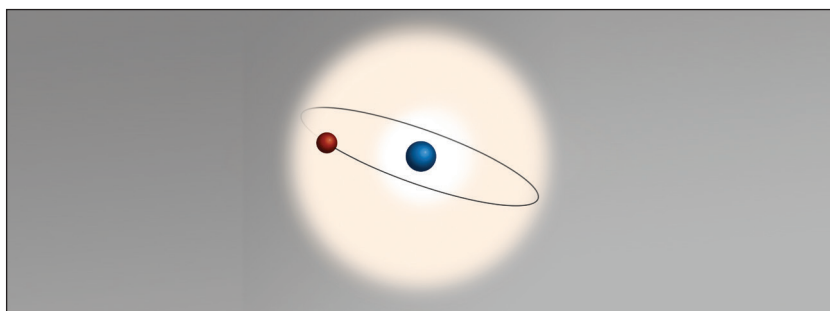
Verkefni

7. Ákveðin frumeind inniheldur 6 róteindir, 6 nifteindir og 6 rafeindir. Hver er massi þessarar frumeindar í u-einingum? Notaðu námundun.
8. Hvaða frumefni gæti þetta verið? Athugaðu frumefnatöfluna aftast í bókinni!

Frumeindamassi

Dalton komst að þeirri niðurstöðu að frumeindir væru misþungar. Til dæmis væri járnfrumeind þyngri en súrefnisfrumeind. Hins vegar gat Dalton ekki alveg útskýrt þetta. Þegar mönnum varð ljóst að frumeindir eru samsettar úr enn minni ögnum skildu þeir hvernig landið lá: Frumeindir eru misþungar vegna þess að þær innihalda mismargar öreindir. Járnfrumeind er rúmlega þrefalt þyngri en súrefnisfrumeind. Þetta er vegna þess að járnfrumeind inniheldur rúmlega þrefalt fleiri öreindir. Vetnisfrumeindin er léttasta frumeindin, massi hennar er aðeins 1,008 u sem er nánast sami massi og massi róteindar (sjá töflu 2.1) enda er kjarni vetnisfrumeindarinnar aðeins ein róteind (mynd 2.19).

Mynd 2.19 Líkan af vetnisfrumeindinni. Í þessu tilviki er kjarninn bara ein róteind og utan um hann snýst ein rafeind.



Tákn frumeinda og frumefna

Frumefni er samsett úr frumeindum. Gull er til að mynda samsett úr gullfrumeindum. Tákn gulls er Au og tákn gullfrumeindar er líka Au. Almennt gildir að tákn frumefnis og frumeindanna sem það er gert úr er eitt og sama táknið.

Sameindamassi

Auðvelt er að reikna massa sameindar ef formúla hennar er þekkt.

Dæmi 1: Vetni er samsett úr parsameindum. Formúla vetnissameindar er því H_2 . Frumefnataflan fremst í bókinni segir okkur að frumeindamassi vetnis sé 1,008 u. Þetta merkir að ein vetnisfrumeind (H) vegur 1,008 u. Vetnissameind (H_2) hlýtur þá að vega tvöfalt meira, þ.e. $2 \times 1,008 \text{ u} = 2,016 \text{ u}$.

Dæmi 2: Vatn er samsett úr vatnssameindum. Formúlan er H_2O og hún segir okkur að hver vatnssameind sé samsett úr tveimur vetnisfrumeindum og einni súrefnisfrumeind. Sameindamassinn er þá $2 \times 1,008 \text{ u} + 16,00 \text{ u} = 18,016 \text{ u}$.

Sætistala

Ef þú athugar aftur frumefnatöfluna á bls. 5 sérðu að einn dálkurinn er merktur með orðinu sætistala. Sætistala segir til um fjölda róteinda í kjarna frumeindar.

Dæmi: Sætistala áls er 13. Þetta merkir að það eru 13 róteindir í kjarna hverrar álfrumeindar.

Sætistölu má líkja við kennistölu. Sérhver Íslendingur hefur ákveðna kennistölu. Á sama hátt hefur hvert frumefni sína sætistölu.

Verkefni

9. Er efnið Ag frumefni? Rökstyddu svar þitt.
10. Athugaðu frumefnatöfluna á bls. 5. Hver er frumeindamassi brennisteins?
11. Brennisteinn er samsettur úr sameindum af gerðinni S_8 . Hver er massi slíkrar sameindar?
12. Fyrir hvaða frumeindir standa eftirfarandi tákn? Hver af þessum frumeindum hefur flestar öreindir?

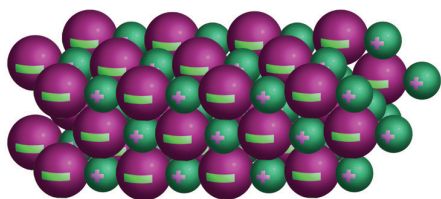
Al Hg Ag Mg

13. Frumeindamassi súrefnis er 16,00 u. Hver er massi súrefnissameindar?
14. Koleinoxíð er eitruð gastegund sem myndast gjarnan við bruna og þá helst þegar framboð af súrefni er takmarkað. Byggingareiningar efnisins eru sameindir sem lýsa má með formúlunni CO. Hver er sameindamassi koleinoxíðs?
15. Hver er sætistala silfurs? Hvað segir þessi tala okkur um silfurfrumeindina?
16. Hvað eru margar róteindir í natrínfrumeind?

Athugun

Greiðan og matarsaltið

Settu smáhrúgu af matarsalti á borð. Berðu plastgreiðu að hrúgunni. Gerist eitthvað? Farðu nú með greiðuna gegnum hár þitt nokkrum sinnum og berðu hana svo aftur að salthrúgunni. Hvað gerist nú? Mundu að skrá það sem þú sérð.



Mynd 2.20 Líkan af matarsalti. Kúla með plústákni merkir natrínjón og kúla með mínustákni merkir klóríðjón.

Jónir og sölt

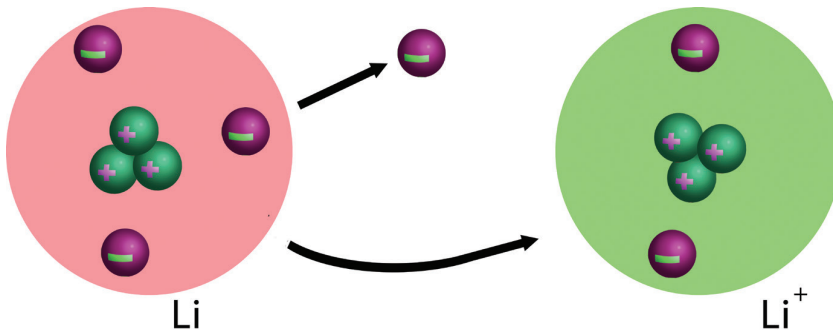
Þegar greiðu er strokið gegnum hár rafmagnast hún. Ástæðuna má rekja til rafeinda á yfirborði háranna sem losna tiltölulega auðveldlega frá þeim og berast yfir á greiðuna. Þar sem rafeindir eru neikvætt hlaðnar verður greiðan það líka. Sú staðreynd að rafmögnum greiða dregur að sér matarsalt gefur til kynna að matarsalt búi yfir rafhlöðnum ögnum.

Formúla matarsalts er venjulega skrifuð NaCl . Þessi ritháttur er aðeins misvísandi. Nákvæmara væri að skrifa Na^+Cl^- . Það hefur nefnilega komið í ljós að frumeindir matarsalts bera *rafhleðslur*. Natrínfrumeindirnar eru plúshlaðnar og klórfrumeindirnar mínushlaðnar. Þetta er gefið til kynna með táknum Na^+ og Cl^- . Þegar þannig háttar til tala efnafræðingar um jónir. Na^+ eða natrínjón er dæmi um *plúsjón*, Cl^- eða klóríðjón er dæmi um *mínusjón*. Nú veistu að matarsalt er gert úr litlum kornum. Miðað við það sem hér er sagt er hvert korn af matarsalti samsett úr aragrúa natrín- og klóríðjóna sem liggja þétt saman og mynda reglubundið mynstur líkt og mynd 2.20 sýnir. Efni af þessu tagi kallast *jónefni* eða *sölt*. Efnafræðingar nota sem sagt orðið salt á annan hátt en almenningur. Fyrir þeim merkir það jónefni meðan almenningur notar þetta sem styttingu fyrir borðsalt eða matarsalt.

Hvernig myndast jónir?

Í sem stystu máli: Frumeind breytist í jón með því gefa frá sér eða bæta við sig einni eða fleiri rafeindum. Skoðum þetta nánar.

Mynd 2.21 Lípínfrumeind (Li) verður að lípínjón (Li^+) þegar ein rafeind yfirgefur frumeindina. Þá verða róteindirnar einni fleiri en rafeindirnar og frumeindin því plúshlaðin út á við, táknad Li^+ . Athugaðu að hér eru nítteindirnar ekki sýndar.



Lípínfrumeind (Li) geymir 3 róteindir í kjarna (mynd 2.21). Þar sem hver róteind jafngildir einni plúshleðslu (1+) er heildarhleðsla kjarnans 3+. Umhverfis kjarnann sveima 3 rafeindir, hver með eina mínushleðslu

Þannig að heildarhleðsla rafeindanna er þá 3–. Þessar andstæðu hleðslur *vegast á* þannig að *út á við* er lípínfrumeindin óhlaðin: 3+ og 3– gera 0. Fari ein rafeind burt verða róteindirnar einni fleiri en rafeindirnar og nú ná plúshleðslurnar undirtökunum: 3+ og 2– gera 1+. Lípínfrumeindin er nú orðin að plúsjón, táknuð Li^+ (mynd 2.21).

Stundum bætir frumeind við sig einni eða fleiri rafeindum. Þá er dæminu snúið við. Frumeindin verður mínushlaðin vegna þess að rafeindirnar verða nú fleiri en róteindirnar.

Flúorfrumeind (F) hefur 9 róteindir og 9 rafeindir. Fyrir kemur að hún bætir við sig einni rafeind. Þá verða rafeindirnar einni fleiri en róteindirnar, 9+ á móti 10– og hleðslan út á við því –1. Jónin (flúoríðjón) er táknuð F^- .

Verkefni

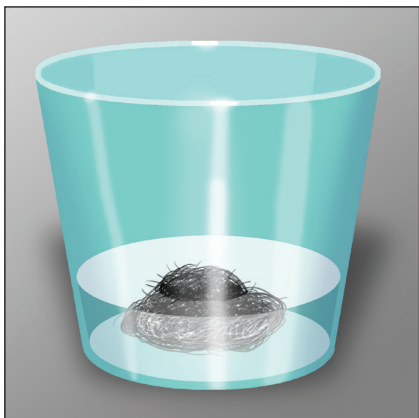
17. Kalsínfrumeind (Ca) gefur frá sér 2 rafeindir þegar hún breytist í jón. Hvert er tákn kalsínjónar?
18. Niturfrumeind (N) getur bætt við sig 3 rafeindum og heitir þá nitríðjón. Hvert er tákn nitríðjónar?

Ryð

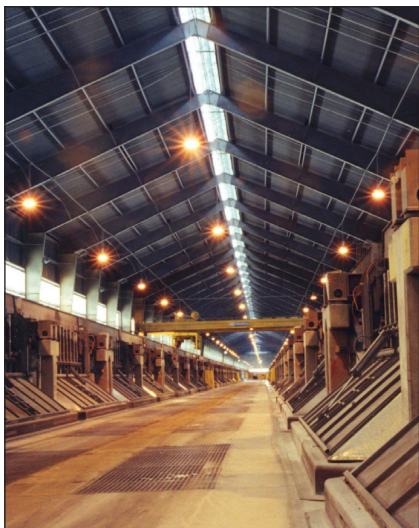
Mörg frumefni eru óstöðug og hafa tilhneigingu til að gefa frá sér rafeindir eða bæta við sig rafeindum. Járn (Fe) hefur til dæmis sterka tilhneigingu til að gefa frá sér rafeindir. Súrefni (O) hefur á hinn bóginn sterka tilhneigingu til að bæta við sig rafeindum og er raunar þekkt fyrir þessa rafeindafíkn sína. Komist óvarið járn í snertingu við súrefni þarf því varla að spyrja að leikslokum. Rafeindir streyma frá járninu í súrefnið með þeim afleiðingum að járnfrumeindirnar verða plúshlaðnar (Fe^{2+} eða Fe^{3+}) en frumeindir súrefnisins verða mínushlaðnar (O^{2-}). Þetta fyrirbæri kallast í daglegu máli *ryðmyndun* og sést víða í umhverfi okkar, ekki síst á gömlum bílum (mynd 2.22) og ýmsu járnarusli. Bílar eru að miklum hluta úr járni. Yfirleitt er járneið varið með sérstökum efnum, til dæmis lakki, sem hindra að súrefni komist að því. Komi rispa á bílinn er hætt við að súrefnið komist að járninu og þá getur ryð farið að myndast. Ryð er í raun efnasamband járn og súrefni og verður til þegar jónir þessara efna tengjast saman. Ryð er stökkt efni sem molnar við minnsta hnask. Hlutir sem ryðga verða því gjarnan ónothæfir.



Mynd 2.22 Þessi bíll er farinn að ryðga vegna þess að súrefni og vatn hafa komist í snertingu við járneið í bílnum.



Mynd 2.23 Stálullinn á að standa upp úr vatninu eins og hér er sýnt.



Mynd 2.24 Álframleiðsla. Ál er framleitt með rafgreiningu í sérstökum kerjum. Í nútímalegum álverksmiðjum fer rafgreiningin fram í lokuðum kerjum eins og þeim sem myndin sýnir en hún er tekin í Álverk-smiðjunni í Straumsvík við Hafnarfjörð.

Athugun

Athugun á stálull og álpappír

1. Rífdðu hnoðra á stærð við sykurmola af stálull. Taktu hann svolítið í sundur þannig að þræðirnir liggi ekki klesstir saman og settu hann síðan í glas. Taktu álíka mikið af álpappír og settu í annað glas. Helltu borðediki í bæði glösin þannig að fljóti yfir efnisbútana. Þrýstu álpappírnum niður í edikið með teskeið. Láttu efnisbútana standa í edikinu í u.þ.b. 10 mínútur.
- Tilgangurinn með þessu er fyrst og fremst sá að fjarlægja sápuhúð af stálullinni. Álpappírinn er meðhöndlaður eins til að tryggja eðlilegan samanburð.
2. Skolaðu bæði stálullina og álpappírinn með vatni.
3. Láttu nú efnin aftur í glösin með ediksýrunni. Komdu stálullinni þannig fyrir að um helmingur af henni sé á kafi í edikinu en afgangurinn sé fyrir ofan yfirborðið (mynd 2.23). Leyfðu álbútnum að fljóta í glösinu.
4. Fylgstu með glösunum öðru hvoru næstu klukkutímana. Ef þú gerir þetta að kvöldlagi skaltu láta glösin standa yfir nótt. Verða breytingar á efnunum? Ef svo er, hvernig breytingar? Gott er að nota stækkunargler. Lýstu vel því sem þú sérð og reyndu að útskýra hugsanlegar breytingar. Hegða efnin sér eins?

Súrál og ál

Tilhneiging frumefna til að mynda jónir er helsta ástæðan fyrir því að við sjáum yfirleitt ekki frumefnin sem slík í náttúrunni. Þau hafa einfaldlega tengst öðrum frumefnum, til dæmis súrefni, í tímans rás og er því helst að finna í efnasamböndum af ýmsu tagi og þá oftast sem jónir. Sem dæmi má nefna frumefnið ál. Þetta efni finnst ekki sem slíkt í náttúrunni. Hins vegar er það að finna í ýmsum efnasamböndum, einkum súráli en það er efnasamband áls og súrefnis og hefur formúluna Al_2O_3 . Í súráli er álið sem áljónir, Al^{3+} . Kúntin við að framleiða ál úr súrálínu felst í því að losa það úr viðjum súrefnisins. Þetta er gert með rafgreiningu en þá er sterkum rafstraumi hleypt á súrálið (mynd 2.24). Rafstraumur er í reynd straumur rafeinda. Að rafgreina súrál felur þá í sér að þvinga rafeindir inn á áljónirnar í súrálínu og breyta þeim þannig í venjulegt óhlaðið ál.

Líkt og járn gengur ál í efnasamband við súrefni andrúmsloftsins. Ólíkt því

sem gerist með járníð mynda ál og súrefni sterkt efni, *áloxíð*, sem þekur álið og ver það gegn árásum skaðlegra efna. Þetta skýrir af hverju það urðu engar breytingar á álpappírnum í athugun þinni á stálull og álpappír: Á yfirborði álpappírsins er örþunn áloxíðhúð og hún kom í veg fyrir að borðedikið kæmist að sjálfu álinu. Áloxíð er í raun súrál enda hefur súrál myndast í náttúrunni við samruna áls og súrefnis.

Verkefni

19. Hver er sætistala áls?
20. Hvað eru margar róteindir í álfrumeind?
21. Hvað eru margar rafeindir í álfrumeind?
22. Tákn áljónar Al^{3+} . Hvað merkir talan 3+ í táknuinu?
23. Hvað eru margar rafeindir í áljón?

Tafla 2.2
Nokkrar algengar jónir í náttúrunni

Plúsjónir		Mínusjónir	
Heiti	Tákn	Heiti	Tákn
ál	Al^{3+}	brómíð	Br^-
ammóníum	NH_4^+	flúoríð	F^-
járn(II)	Fe^{2+}	jodíð	I^-
járn (III)	Fe^{3+}	klóríð	Cl^-
kalsín	Ca^{2+}	nítrat	NO_3^-
kopar (I)	Cu^+	karbónat	CO_3^{2-}
kopar (II)	Cu^{2+}	oxíð	O^{2-}
magnín	Mg^{2+}	súlfíð	S^{2-}
natrín	Na^+	súlfat	SO_4^{2-}

Steinefni

Jónir eru hvarvetna í umhverfi okkar, til dæmis í bergi, jarðvegi og vatni. Tafla 2.2 sýnir nokkrar algengar jónir. Venjulegt neysluvatn inniheldur ýmiss konar jónir, til dæmis Na^+ , Cl^- , Mg^{2+} , Ca^{2+} og SO_4^{2-} . Skýringin á tilvist jóna í neysluvatni felst í því að áður en vatnið kemur til okkar hefur það einatt farið langar leiðir um jarðveg og berg. Í jarðvegi og bergi eru efni sem innihalda jónir af ýmsu tagi og vatnið leysir til sín hluta af þessum jónum. Berist vatn um járnríkt berg getur það leyst til sín járnjónir og þannig orðið járnríkt. Fari það um jarðveg eða berg þar sem mikið er af steintegundinni kalsínflúoríði, (CaF_2) , eru líkur á að það verði auðugt af flúoríðjónum (F^-) en hæfilegt magn af þeim í neysluvatni (um 1 milligramm í hverjum lítra) er talið gott fyrir tennur manna því flúoríðjónir styrkja glerung tannanna. Í daglegu tali er talað um þessar jónir í neysluvatni sem steinefni, ágætt orð sem endurspeglar uppruna þeirra.

Mismunandi jónir af sama frumefni

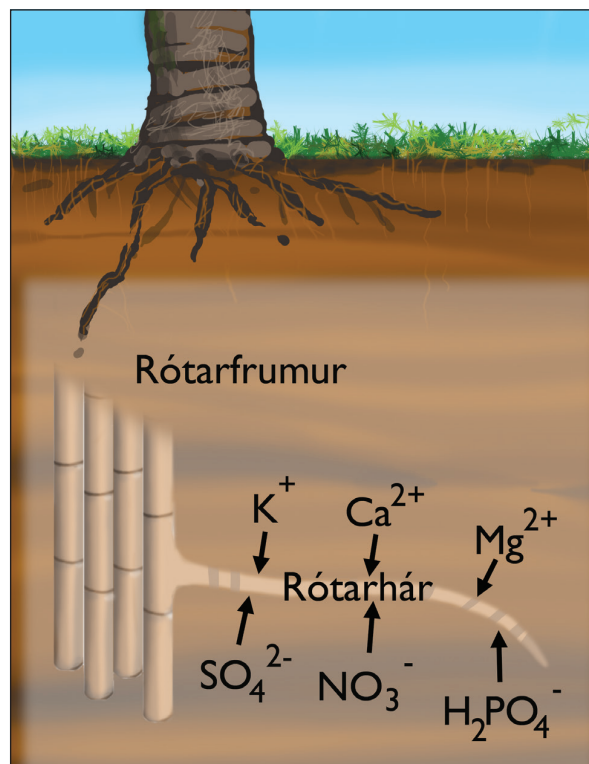
Eins og fram kemur af töflu 2.2 geta sum frumefni myndað fleiri en eina gerð jóna, til dæmis járn og kopar. Til að greina á milli þessara jónagerða er oft notast við rómverskar tölur, til dæmis járn (II) og járn (III). Þetta er oft orðað svo að járn myndi bæði *tvígildar* (Fe^{2+}) og *þrígildar* (Fe^{3+}) jónir. Með þessum orðum er verið að vísa í hleðslur jónanna. Ef jón ber hleðsluna 1+ (einn plús) eða 1- (einn mínus) er talað um eingilda jón, tvígilda ef hleðslan er 2+ eða 2- og svo framvegis. Hleðsla jónar getur aldrei verið hærri en 4+ eða 4-.

Samsettar jónir

Í töflunni sérðu líka dæmi um samsettar jónir, það er að segja jónir sem gerðar eru úr frumeindum af tveimur eða fleiri frumefnum. Samsettar jónir eru algengar í umhverfi okkar og gegna sumar þeirra mikilvægum hlutverkum í lífríkinu, til dæmis nítratjónir (NO_3^-) en þær eru mikilvæg næring fyrir plöntur. Úr þeim fá plöntur frumefnið nitur (N) sem þær nota til að framleiða prótein, eitt mikilvægasta efni í lífríkinu.

Nitur er þó yfirleitt það efni sem takmarkar vöxt plantna og er þá gefið í formi áburðar. Þegar nitrið kemst svo í vatn í of miklum mæli, t.d. stöðuvötn, getur það valdið offjölgun þörungna og súrefnisskorti í vatninu.

Mynd 2.25 Í jarðvegi eru margar tegundir jóna, bæði einfaldar og samsettar. Sumar þeirra eru næringarefni fyrir plöntur og gegna mikilvægum hlutverkum í jurtaríkinu. Rætur jurta eru sérstaklega útbúnar af náttúrunnar hálfu til að taka upp þessar jónir sem síðan dreifast um jurtina.



Verkefni

24. Gull getur myndað bæði eingildar og þrígildar jónir. Tákn gullfrumeindar er Au. Hver eru tákn eingilda og þrígilda gulljóna?
25. Hvaða aðrar jónir en NO_3^- í töflu 2.2 myndu flokkast sem samsettar jónir?

26. Svokallaðar flúortöflur innihalda efnið natrínflúoríð. Notaðu töflu 2.2 til að finna út hvaða jónir eru í þessu efni. Ritaðu bæði heiti þeirra og tákn.
27. Kalksteinn kemur víða fyrir í náttúrunni og myndar sums staðar heilu fjöllin. Kalksteinn er salt og formúlan er CaCO_3 . Notaðu töflu 2.2 til að finna út efnafræðiheiti kalksteins.



Mynd 2.26 Það er forvitnilegt að sjá hvað gerist þegar rafmögnuð greiða er borin að matarsalti.

Greiðan og matarsaltið

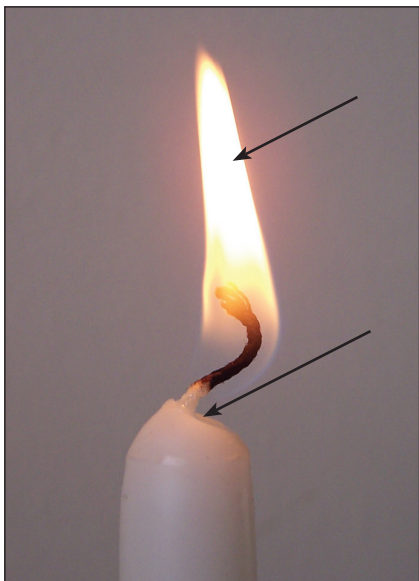
Hér að framan barstu rafmagnaða greiðu að matarsalti og sást að saltkornin drógust að greiðunni. Nú skilur þú væntanlega hvernig það gerist. Það er einfaldlega vegna þess að matarsalt er gert úr rafhlöðnum frumeindum (Na^+ og Cl^-) sem dragast að rafmagnaðri greiðunni (mynd 2.26).

Samantekt

Í þessum kafla hefur þú kynnst byggingareiningum efnisins, frumeindum og sameindum. Frumeindir getum við ímyndað okkur sem kúlulaga agnir sem geta verið misstórar og misþungar eftir því hvaða frumefni þær tilheyra. Sameindir verða til með þeim hætti að tvær eða fleiri frumeindir tengjast saman. Frumefni eru gerð úr sams konar frumeindum en efnasambönd úr mismunandi frumeindum. Á fyrri hluta síðustu aldar varð mönnum ljóst að frumeindir eru samsettar úr kjarna með róteindum og nifteindum svo og rafeindum sem snúast um kjarnann. Frumeind getur bætt við sig eða gefið frá sér rafeindir og kallast þá jón. Jónir eru hvarvetna í umhverfi okkar. Efni sem gert er úr jónum kallast jónefni eða salt.

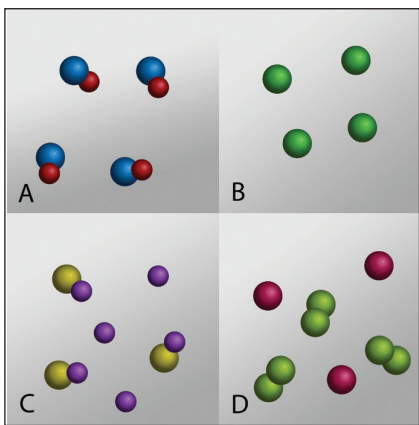
Verkefni

28. Hvað eru margar róteindir í einni flúorfrumeind?
29. Tákn fosfórsameindar er P_4 . Hver er massi slíkrar sameindar?
30. Sætistala gulls er 79. Hvað merkir það?
31. Sætistala frumefnis er 16. Hvaða frumefni er þetta?
32. Hvað eru margar róteindir í einni flúorsameind?



Mynd 2.27 Það er margvíslegt sem gerist þegar kerti brennur.

33. Flokkaðu eftirfarandi efni í frumefni, efnasambönd og efnablöndur:
 - a) HBr b) Co c) Cd d) CaCO_3
 - e) eplasafi f) kolefni g) brennisteinn h) kalínnoxíð
 - i) barín j) brauð
34. Hver er sameindamassi klórsameindar (Cl_2)?
35. Formúla blásýru er HCN. Hver er sameindamassi blásýru?
36. Frumefni hefur 80 róteindir í kjarna. Hvert er frumefnið?
37. Frumefnið sink breytist í sinkjón með því að gefa frá sér 2 rafeindir. Hvert er tákn sinkjónar?
38. Frumefnið fosfór myndar gjarnan þrígildar mínusjónir. Hvert er efnatákn slíkrar jónar?
39. Skoðaðu mynd 2.27 af brennandi kerti hér til hliðar. Önnur örin vísar á efnahvarf en hin á hamskipti. Hvor vísar á hvað? Útskýrðu svar þitt.
40. Skoðaðu mynd 2.28 (A, B, C og D).
Hvaða kassi inniheldur:
 - a) Eitt frumefni?
 - b) Blöndu frumefna?
 - c) Eitt efnasamband?
 - d) Blöndu efnasambands og frumefnis?
41. Hvað gæti verið að gerast í kassa C?



Mynd 2.28 Hvers konar efni er í kössunum?

Þrautir

1. Tákn súlfíðjónar er S^{2-} . Hvað hefur súlfíðjón margar rafeindir?
2. Þvermál kalínfrumeindar er 0,00000004 cm. Hvað þyrfti að leggja margar kalínfrumeindir hlið við hlið til að ná 1 cm?
3. Ilmvatnsglas stendur á borði í herbergi. Þegar lokið er skrúfað af finnur maður bráðlega lykt í öllu herberginu. Hvernig má útskýra þetta?

Veldu þann valkost sem þú telur réttan og útskýrðu val þitt.

- a) Sameindir úr ilmvatninu dreifast um allt. Þegar þær koma inn í nefið finnur maður lykt.
- b) Lyktin dreifist um allt frá glasinu en engar sameindir yfirgefa ilmvatnið. Nefið nemur lyktina.
- c) Sameindir frá ilmvatninu dreifast um allt frá glasinu. Úr sameindunum streymir lykt sem nefið finnur.
- d) Gufur streyma um allt frá ilmvatninu en engar sameindir. Nefið nemur lyktina frá gufunum.

Kaflí 3

LOTUKERFIÐ

Í frumefnatöflu Lavoasiers frá 1789 voru rúmlega 30 frumefni. Á næstu áratugum uppgötvuðust mörg ný frumefni og efnafræðingar kepptust við að rannsaka þau. Smám saman varð þeim ljóst að þó að hvert frumefni væri að sönnu einstakt mátti líka greina hópa frumefna með svipaða eiginleika. Til dæmis voru frumefnin lípín, natrín og kalín að ýmsu leyti áþekk eins og tafla 3.1 sýnir.

Annað sem vakti athygli manna var að þegar frumefnunum var raðað upp eftir vaxandi þyngd (frumeindamassa) birtust frumefni með svipaða eiginleika með jöfnu millibili eða *lotubundið*. Ef byrjað er að telja frá lípíni (Li) birtist frumefni með svipaða eiginleika (Na) í áttunda sæti á eftir því og enn annað (K) með jafnlöngu millibili.

Tafla 3.2

Efni	³ Li	⁴ Be	⁵ B	⁶ C	⁷ N	⁸ O	⁹ F	¹⁰ Ne
Massi	6,9	9,0	10,8	12,0	14,0	16,0	19,0	20,2
Efni	¹¹ Na	¹² Mg	¹³ Al	¹⁴ Si	¹⁵ P	¹⁶ S	¹⁷ Cl	¹⁸ Ar
Massi	23,0	24,3	27,0	28,1	31,0	32,1	35,5	39,9
Efni	¹⁹ K							
Massi	39,1							

Uppgötvanir af þessu tagi mörkuðu upphafið að einu merkilegasta hjálpartæki efnafræðinnar, lotukerfinu. Fyrstur manna til að setja fram slíkt kerfi í heillegri mynd var rússneskur efnafræðikennari, Dmitri Mendeleev að nafni. Í lotukerfi hans, sem birtist í fyrsta sinn árið 1869, voru nokkrar eyður. Til dæmis var ekkert frumefni í reit þeim sem nú geymir german (Ge) enda var þetta frumefni ekki uppgötvað fyrr en 15 árum síðar. Mendeleev hafði hins vegar tröllatrú á lotukerfi sínu og spáði því að fyrr eða síðar myndi þetta efni verða uppgötvað. Ekki nóg með það. Mendeleev spáði líka fyrir um eiginleika efnisins. Eins og sjá má í töflu 3.3 tókst honum bærilega til með spána. Sú staðreynd að spá Mendeleevs stóðst svona vel gefur hugmynd um hve gott verkfæri lotukerfið er. Með því einu að athuga hvar frumefni er í lotukerfinu er mögulegt að sjá hvers konar frumefni er um að ræða. Frumefnið rúbidín er til dæmis í sömu lóðréttu röð og lípín, natrín og kalín (sbr. töflu 3.2). Þetta segir manni að rúbidín hafi svipaða eiginleika og þessi frumefni (sbr. töflu 3.1).

Tafla 3.1
Skyldleiki frumefnanna lípíns (Li), natríns (Na) og kalíns (K)

Eiginleiki	
Útlit	Gljáandi málmar en hvítna fljótt ef þeir komast í snertingu við andrúmsloft.
Styrkleiki	Mjúkir málmar og auðvelt að skera þá með hníf.
Stöðugleiki	Brenna í andrúmslofti og eyðast í vatni.

Tafla 3.3
German

	Spá Mendeleevs	Mælingar á raunverulegu germani
litur/gerð	grár málmur	gráhvítur málmur
eðlismassi	5,5 g/cm³	5,47 g/cm³
frumeindamassi	73,4	72,6
bræðslumark	um 800 °C	958 °C

Lotur og flokkar

Mynd 3.1 sýnir lotukerfi. Lárétt röð kallast lota. Í lotu 1 eru bara tvö frumefni, H og He, en í lotu 2 eru átta frumefni, lotan byrjar á Li, endar á Ne. Talan fyrir ofan táknirð er *sætistala* viðkomandi frumefnis en talan fyrir neðan það er frumeindamassi þess. Lóðrétt röð kallast *flokkur*. Frumefni í sama flokki hafa áþekka eiginleika. Til dæmis má gera ráð fyrir að beryllín (Be) og barín (Ba) séu um margt lík af því að þau eru í sömu lóðréttu röð, bæði í flokki 2.

Mynd 3.1 Lotukerfið. Lárétt röð kallast lota en lóðrétt flokkur. Taktu eftir því að sumir flokkanna bera sérstök heiti. Athugaðu líka að frumefnum 57 til 71 (lanþaníðum) og frumefnum 89 til 103 (aktíníðum) er komið fyrir í sérstökum röðum neðst í töflunni. Þetta hefur reynst nauðsynlegt því annars myndu frumefni 72 til 86 og frumefni 104 til 110 ýtast til hægri með þeim afleiðingum að þessi frumefni færdust úr þeim flokkum sem þau tilheyra með réttu. Til dæmis myndi frumefni nr. 85 ýtast til hægri og ekki lengur vera í flokki með halógenum (flokkur 7) sem það tilheyrir þó í raun og veru.

Lotur	1	2	Flokkar																3	4	5	6	7	8
1	1 H																							2 He
2	3 Li	4 Be																	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg																	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr						
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe						
6	55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn						
7	87 Fr	88 Ra	89 Ac	103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds													

Lanþaníðar →

57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Aktíníðar →

89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr
----------	----------	----------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Alkalímálmar

Jarðkalímálmar

Hliðarmálmar

Halógenar

Eðalgastegundir

Heiti flokka

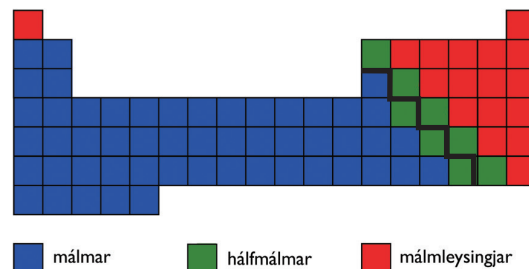
Eins og fram kemur á mynd 3.1 bera sumir flokkanna í lotukerfinu sérstök heiti. Frumefnin í flokki 1, að vetni undanskildu, kallast einu nafni *alkalímálmar*. Frumefnin í flokki 2 kallast *jarðalkalímálmar*, frumefnin í flokki 7 *halógenar* og frumefnin í flokki 8 *eðalgastegundir*. Um aðra flokka gildir sú regla að þeir bera heiti þess frumefnis sem er efst í flokknum. Bór (B) er efst í flokki 3. Flokkur 3 kallast því einfaldlega bórflokkurinn.

Frumefnin í flokkunum um miðbik lotukerfisins hafa áþekka eiginleika og kallast einu nafni *hliðarmálmar*.

40

Verkefni

1. Nefndu heiti og tákn tveggja frumefna sem eru í sama flokki og kolefni (C).
2. Nefndu heiti og tákn tveggja frumefna sem eru í sama flokki og natrín (Na).
3. Er ástæða til að ætla að skyldleikar séu með frumefnunum kalsín og bróm? Færðu rök fyrir svari þínu.
4. Sætistala Li er 3. Hvað merkir það?
5. Hvað heita flokkar 4, 5 og 6?
6. Nefndu dæmi um eitt frumefni úr hverjum af eftirfarandi flokkum og skráðu bæði tákn og heiti.
(a) alkalímálmur, (b) jarðalkalímálmur, (c) halógen, (d) eðalgastegund, (e) hliðarmálmur.



Mynd 3.2 Lotukerfið. Málmar, hálfmálmar og málmleysingjar.

Málmar og málmleysingjar

Mynd 3.2 sýnir útlínur lotukerfisins. Taktu eftir tröppunni, sem táknud er með svartri línu, hægra megin á myndinni. Hún skilur milli tveggja meginhópa frumefna. Hægra megin við tröppuna eru frumefni sem kallast einu nafni *málmleysingjar*. Vinstra megin við tröppuna eru svokallaðir *málmar*. Vetni er þó undanskilið, það er málmleysingi.

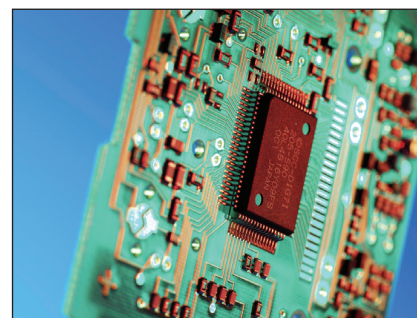
Þessir tveir meginhópar frumefna eru ólíkir að mörgu leyti:

- *Málmar eru í flestum tilvikum föst efni við stofuhita en allmargir málmleysingjar eru gastegundir við sömu aðstæður.*
- *Málmar hafa gljáandi áferð og eru oftast gráleitir en málmleysingjar gljá yfirleitt ekki og eru í ýmsum litum.*
- *Málmar eru yfirleitt mjög sveigjanleg efni sem auðvelt er að móta en fastir málmleysingjar eru á hinn bóginn yfirleitt stökkir og molna undan þrýstingi.*
- *Málmar leiða yfirleitt vel rafmagn en það gera málmleysingjar ekki. Undantekning er þó kolefni (C) sem er ágætur rafleiðari.*

Efni á mörkum málma og málmleysingja bera einkenni beggja hópa. Þetta á einkum við um frumefnin kísil, germanín, arsen, antímon og tellúr. Þau kallast einu nafni *hálfmálmar*. Kísill (Si) er m.a. notaður til að framleiða örgjörva í tölvur, úr og myndavélar (mynd 3.4).



Mynd 3.3 Málmar og málmleysingjar. Hægra megin á myndinni eru málmarnir sink (Zn) og kopar (Cu). Vinstra megin eru málmleysingjarnir kolefni (C) og brennisteinn (S).



Mynd 3.4 Örgjörvi. Á myndinni má greina hina ýmsu hluta örgjörvans en sjálf kísilflagan er falin undir grænu plasthimnunni.

Sérstaða vetnis

Vetni er léttasta frumefnið og er því númer eitt í lotukerfinu. Venja er að hafa það í flokki með alkalímálmum. Það er réttlætanlegt því vetni líkist alkalímálmum að sumu leyti. Hins vegar ber að hafa í huga að vetni er ekki málmur heldur málmleysingi. Stundum er vetni haft út af fyrir sig í lotukerfinu, ekki látið fylgja neinum flokki.

Verkefni

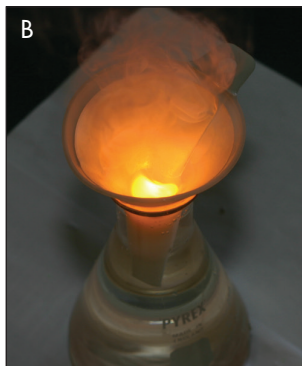
Í lotukerfinu aftast í þessari bók eru myndir af mörgum frumefnum og þar kemur líka fram hvaða frumefni eru föst efni, hver þeirra eru vökvar og hver gastegundir.

7. Parna eru einn málmur og einn málmleysingi sem eru greinilega vökvar við stofuhita. Hvaða frumefni eru þetta? Ritaðu bæði heiti og tákn þeirra.
8. Nokkur frumefni eru bersýnilega gastegundir. Hvaða frumefni eru það? Ritaðu bæði heiti þeirra og tákn.
9. Málmarnir í flokki 1 eru geymdir í olíu eða loftþéttum umbúðum. Af hverju skyldi það vera gert?
10. Á þjóðhátíðardegi okkar Íslendinga, 17. júní, eru blöðrur mjög áberandi. Þær eru gjarnan fylltar með helíni sem er bæði létt og óeldfim gastegund og því hentug í blöðrur. Hvaða flokki tilheyrir helín? Nefndu bæði númer og heiti flokksins.
11. Er brennisteinn málmur eða málmleysingi?
12. Er líklegt að silfur leiði rafmagn? Rökstyddu svarið.
13. Venjulega er vetni táknað $H_2(g)$. Hvað táknar talan 2? Hvað merkir bókstafurinn g?

Hvarfgirni frumefna

Með hvarfgirni efnis er átt við hve ríka tilhneigingu efnið hefur til að ganga í samband við önnur efni. Ef koparbútur (Cu) er settur í vatn gerist ekki neitt. Ef natrínbútur (Na) er settur í vatn eyðist hann von bráðar (mynd 3.5). Kopar er *óhvarfgjarnt* frumefni, en natrín *hvarfgjarnt*. Við getum líka sagt að kopar sé *stöðugt* frumefni en natrín *óstöðugt*.

Sum frumefni eru hvarfgjörn. Þetta á til dæmis við um alkalímálma og jarðalkalímálma. Þessir málmar eyðast í vatni og hvarfast við súrefni



Mynd 3.5 Þegar natrín málmur kemur í vatn byrjar hann strax að hvarfast við vatnið. Venjulega þeytist hann um yfirborð vatnsins. Ef hreyfing hans er takmörkuð, eins og hér er gert með trekt, kviknar í honum.

andrúmsloftsins. Reynslan sýnir að hvarfgirni þessara frumefna eykst eftir því sem neðar dregur í flokkunum. Þannig eru rúbidín (Rb) og sesín (Cs) svo hvarfgjarnir málmur að geyma verður þá í loftþéttum umbúðum. Að öðrum kosti myndu þeir ganga í samband við súrefni og raka andrúmsloftsins.

Frumefnin um miðbik lotukerfisins, hliðarmálmarnir, eru tiltölulega stöðug og óhvarfgjörn, ekki síst *eðalmálmarnir* kopar, silfur og gull enda eru þessi málmur mikið notaðir í hluti sem þurfa að endast vel og lengi, svo sem þök og skartgripir (mynd 3.6).

Málmleysingar eru misjafnlega hvarfgjarnir. Til dæmis eru kolefni (C) og nitur (N) tiltölulega stöðug efni og hið sama má segja um eðalgastegundirnar. Raunar er nær ómögulegt að fá þær til að tengjast öðrum efnum. Þetta skýrir þá staðreynd að þessi efni eru stundum notuð sem hlífðarefni. Argon er til dæmis mikið notað í ljósaperur. Í ljósaperum er örgrannur málmþráður úr volframi. Þegar rafstraumi er hleypt á hitnar þráðurinn í perunni svo mikið að hann verður glóandi (mynd 3.7). Kæmist þráðurinn í snertingu við súrefni við þessar aðstæður myndi hann brenna þegar í stað enda er súrefni stundum kallað *efnið sem nærir eld*. Til að koma í veg fyrir það er peran lofttæmd og fyllt með gastegund sem ekki nærir eld og þá helst argoni.

Frumefnin í flokki 7, halógenarnir, eru hvarfgjörn efni. Öfugt við það sem við sáum hjá alkali- og jarðalkalímálmum eykst hvarfgirni halógena eftir því sem ofar dregur í flokknum. Þannig er efsta efnið í flokknum, flúor (F), eitt hvarfgjarnasta frumefnið. Sem dæmi má nefna að flúor tærir málminn platínu (Pt), en platína er nánast ónæm fyrir öðrum efnum en flúor. Með þetta í huga kann þér að þykja undarlegt að tannkrem skuli innihalda flúor. Skýringin á þessari mótsögn felst í því að í tannkremi er flúor í formi jóna en ekki sem sameindir (mynd 3.8 bls. 44).

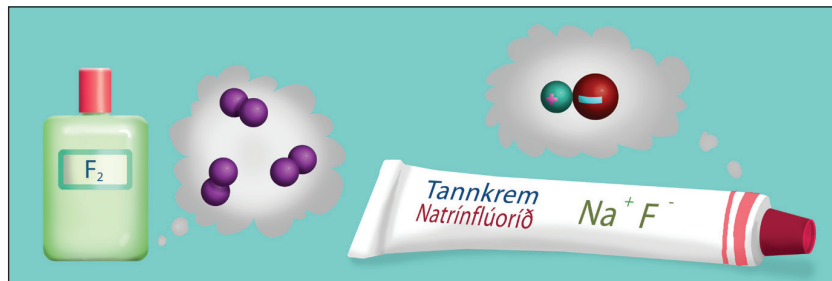


Mynd 3.6 Skartgripir eru gjarnan gerðir úr svokölluðum eðalmálmum; kopar, silfri og gulli.



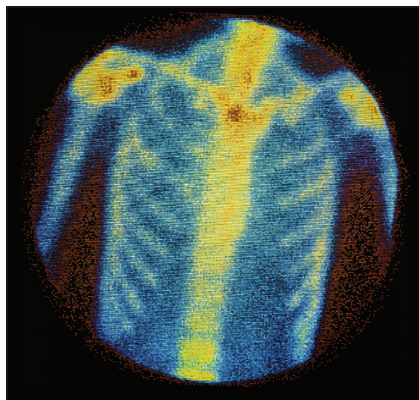
Mynd 3.7 Í ljósaperum eru örgrannir málmþráðir úr volfram. Þegar rafmagn fer um þá hitna þeir svo mikið að þeir verða glóandi.

Mynd 3.8 Virkni frumefnis ræðst af formi þess. Sem jónir (F^-) er flúor skaðlaust (í hæfilegu magni) og raunar talið gott fyrir tannheilsu fólks því flúoríðjónir styrkja glerung tanna. Tannkrem, skollaussnir fyrir tennur og flúortöflur innihalda flúor í formi flúoríðjóna. Sem sameindir (flúorgas; F_2) er flúor lífshættulegt og hefur slæm áhrif á gróður. Flúorgas er oft í útblæstri frá verksmiðjum svo sem álverum, en myndast einnig í eldgosum.



Verkefni

14. Frumefnið sesín (Cs) er númer 55 í lotukerfinu. Finnst þér líklegt að þetta efni sé hvarfgjarn? Rökstyddu svar þitt.
15. Glóðarþráður í ljósaperum er oft úr málmi sem kallast volfram. Hvert er tákn og sætistala volframs og hvers konar málmur er þetta?
16. Strontín er málmur sem m.a. er notaður í flugelda þar sem hann gefur frá sér rautt ljós þegar hann hitnar mikið. Hver er sætistala strontíns og hvaða flokki frumefna tilheyrir það? Nefndu heiti og númer. Er ástæða til að ætla að strontín sé hvarfgjarn málmur?
17. Joð (I) er frumefni og er meðal annars nauðsynlegt fyrir starfsemi skjaldkirtilsins en það er kirtill í mannslíkamanum sem framleiðir svokallað vaxtarhormón, efni sem örvar líkamsvöxt. Hvaða flokki frumefna tilheyrir joð? Tilgreindu númer flokksins og heiti.



Mynd 3.9 Teknetín er m.a. notað við rannsóknir á sjúklingum með beinkrabba. Krabbameinið kemur þá fram sem dökkir blettir.

Náttúrleg frumefni og gervifrumefni

Af þeim 110 frumefnum sem nú eru þekkt koma 89 fyrir í náttúrunni. Þau kallast *náttúrleg* frumefni. Hin, svonefnd *gervifrumefni*, hafa menn framleitt með sérstökum aðferðum til ýmissa nota. Sem dæmi má nefna að plúton (sætistala 94) er talsvert notað til orkuframleiðslu í kjarnorkuverum og teknetín (sætistala 43), er notað við krabbameinsrannsóknir (mynd 3.9).

Gervifrumefnin eru frumefnin númer 43 og 61 og frumefni með sætistölu 93 og þar yfir. Gervifrumefni eru yfirleitt geislavirk en það merkir að magn þeirra helmingast á ákveðnum tíma, þau hafa ákveðinn helmingunartíma. Þann tíma má sjá í lotukerfinu. Sem dæmi má nefna að freon hefur helmingunartímann 22 mínútur, radon (Rn) 3,8 daga og úran (U) 4510 ár. Efni með langan helmingunartíma er því lengi að eyðast. Geislavirk efni eru yfirleitt mjög skaðleg bæði fyrir heilsu manna og allt lífríkið.

Verkefni

18. Hver eru heiti gervifrumefnanna með sætistölu 43 og 61?

19. Hver eftirfarandi frumefna eru gervifrumefni?



Málmblöndur

Ekki þarf annað en að horfa í kringum sig í eldhúsinu heima til að átta sig á því hve málmar gegna mikilvægu hlutverki í daglegu lífi fólks. Þar eru ýmsir hlutir úr málum, til dæmis pottar og pönnur, hnífar og skeiðar. Venjulega eru þessir nytjahlutir ekki smíðaðir úr hreinum málum heldur *málmblöndum* af ýmsu tagi. Hreinir málmar eru alla jafna til lítilla nota vegna þess að þeir hafa ekki þá eiginleika sem nytjahlutir þurfa að hafa, til dæmis nægilega hörku og slitþol. Hins vegar sýnir reynslan að þessum eiginleikum má ná fram með því að bræða saman tvo eða fleiri málma í ákveðnum hlutföllum og búa þannig til málmblöndur.

Málmblöndur eru ekki nýtt fyrirbæri. Um 3000 árum fyrir Krists burð voru menn farnir að bræða saman kopar úr kopargrýti og tin úr tindrýti og búa þannig til *brons*. Brons hentar vel í vopnasmíði enda voru áhrif brons svo mikil í sögu mannkyns að ákveðið tímabil sögunnar nefnist *bronsöld*.

Bronsöldin stóð í um það bil 2000 ár eða þangað til mönnum lærðist að bræða járn úr járnríku bergi, járngrýti, en þá hófst *járnöld* sem stóð allt fram á 18. öld þegar iðnbyltingin svokallaða hóf göngu sína. Járnið sem menn fengu með þessu móti var þó ekki hreint járn heldur málmblanda sem innihélt ýmsa aðra málma í litlu magni og líka kolefni sem síaðist inn í járníð úr viðarkolum sem notuð voru til að bræða járngrýtið. Líklega hafa menn í mörgum tilvikum farið nálægt því að framleiða *stál* með þessum hætti en stál er málmblanda sem auk járns inniheldur kolefni og ýmsa hliðarmálma í litlu magni, t.d. mangan, nikkell og króm.

Rauðablástur

Frá upphafi byggðar og fram eftir öldum var töluverð járnvinnsla á Íslandi. Hér var járn unnið úr *mýrarrauða* en það er efnasamband járns og súrefnis, öðru nafni járnnoxíð (mynd 3.12). Var sú vinnsla kölluð *rauðablástur*. Mýrarrauðanum var dreift yfir glóandi viðarkol og blásið í eldinn með fýsibelg. Við hitunina síaðist kolefni inn í járníð þannig að úr varð



Mynd 3.10 Mynt þarf að standast tímans tönn og er því yfirleitt úr málmblöndum.



Mynd 3.11 Í náttúrunni finnast ýmsar tegundir af járngrýti, meðal annars brennisteinskís sem hér er sýndur en hann er efnasamband járns og brennisteins.



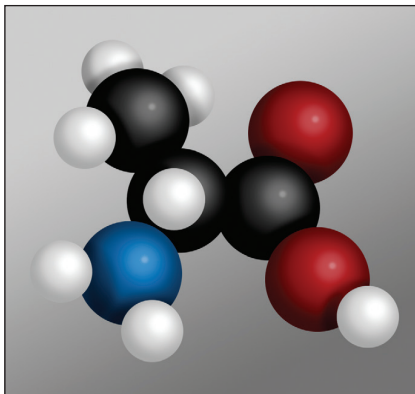
Mynd 3.12 Mýrarrauði er efnasamband járns og súrefnis.

kolefnisríkt járn, svonefnt *blástursjárn*, en það er mótanlegt og því hentugt til smíða. Endanlegur smíðisgripur, til dæmis sverð, varð þó að vera búið mikilli hörku og hún fékkst með því að hita blástursjárnið í kolaeldi, hamra það og kæla til skiptis.

Athugun

Eldspýta

1. Taktu fram eldspýtu og skoðaðu hana vel. Úr hverju skyldi eldspýta vera framleidd?
2. Kveiktu á eldspýtunni og láttu hana brenna út. Hvaða breyting verður á eldspýtunni?
3. Láttu útbrenndu eldspýtuna á skál og myldu hana með skeið. Hvaða efni skyldi þetta svarta duft vera?



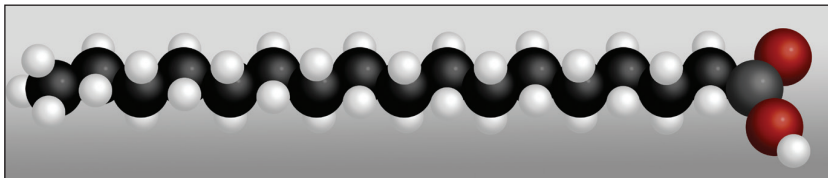
Mynd 3.13 Dæmi um lífræna sameind. Þetta er líkan af sameind sem kallast alanin. Alanin tilheyrir hópi efna sem kallast aminosýrur. Svört kúla táknar kolefnisfrumeind (C), rauð súrefnisfrumeind (O), blá niturfrumeind (N) og hvít vetnisfrumeind (H).

Kolefni

Svarta efnið sem situr eftir þegar eldspýta brennur er að mestu leyti frumefnið *kolefni*. Af hverju myndast kolefni þegar eldspýta brennur? Svarið er í stuttu máli að kolefni er helsta frumefnið í lífríkinu, bæði í dýrum og plöntum, þar á meðal trjáviði sem eldspýtur eru gerðar úr. Lífverur eru samsettar úr flóknum efnasamböndum, til dæmis próteinum, kolvetni og fitu. Þessi efnasambönd eru undantekningarlaust kolefnissameindir, það er að segja sameindir þar sem kolefnisfrumeindir eru uppistaðan. Slík efnasambönd kallast gjarnan *lífræn efni* vegna þess að þau einkenna lífríkið.

Skoðaðu mynd 3.13. Hún sýnir okkur dæmi um kolefnissameind. Taktu eftir því að þarna eru þrjár kolefnisfrumeindir sem mynda keðju eða grind sem hinar frumeindirnar, súrefni, nitur og vetni hanga á ef svo má segja. Ef vel er að gáð sést að tvær kolefnisfrumeindanna tengjast fjórum öðrum frumeindum. Efnafræðingar orða þetta svo að *tengigeta* kolefnis sé fjórir. Með tengigetu frumeindar er átt við hve mörgum frumeindum hún getur tengst að hámarki. Kolefnisfrumeindin hefur meiri tengigetu en aðrar frumeindir og þetta kann að vera skýringin á því hvers vegna kolefni er helsta frumefnið í lífríkinu. Til að lífverur gætu orðið til þurfti stórar og flóknar sameindir og kolefni með sína miklu tengigetu er ákjósanlegt hráefni í slíkar sameindir. Sameindin á mynd 3.13 er dæmi um aminosýru. Þegar margar aminosýrur tengjast saman verður til próteinsameind. Í líkama okkar eru próteinsameindir af ýmsum stærðum og gerðum.

Kolefnisfrumeindir geta tengst saman með ýmsum hætti. Í sumum tilvikum myndast langar keðjulaga sameindir. Þetta á til dæmis við um svokallaðar fitusýrur. Mynd 3.14 sýnir dæmi um fitusýrusameind.



Mynd 3.14 Sterínsýra er dæmi um fitusýrusameind.

Eins og áður tákna svörtu kúlurnar kolefnisfrumeindir (C), þær hvítu vetnisfrumeindir (H) og þær rauðu súrefnisfrumeindir (O).

Verkefni

20. Metanól eða tréspíri er oft notað sem eldsneyti á kappakstursbíla. Þetta er efni sem gert er úr sameindum með formúluna CH_3OH . Er metanól lífrænt efni? Færðu rök fyrir svari þínu. Teiknaðu líkan af sameindinni (sbr. mynd 3.13).
21. Skoðaðu mynd 3.13. Hver er tengigeta niturs samkvæmt myndinni? Hvað með súrefni og vetni?

Lífræn gerviefni

Lífræn gerviefni eru efnasambönd sem menn hafa búið til og er ekki að finna í náttúrunni. Fyrsta gerviefnið var bakelit. Það var amerískur efnafræðingur, Leo Baekeland, sem bjó þetta efni til, fyrstur manna, árið 1907. Hann bjó efnið til með því að hita blöndu af náttúrulegum lífrænum efnum, fenóli og formaldehýði, við mikinn þrýsting. Þá myndaðist hvítt og gífurlega hart en létt efni sem auðvelt var að móta og steypa, mála og blanda litarefnum enda varð það brátt notað í allt mögulegt, til dæmis hnappa, símtæki, hnífsköft og einangrunarkefli fyrir háspennulínur (mynd 3.15). Á næstu árum og áratugum sáu mörg ný gerviefni dagsins ljós og nú er svo komið að gerviefni eru nánast alls staðar í umhverfi okkar. Jafnvel fötin sem við klæðumst eru oft úr gerviefnum (mynd 3.16).

Lífræn gerviefni hafa komið að góðu gagni á mörgum sviðum. Sum þeirra hafa þó reynst skaðleg. Sem dæmi má nefna lífræna klórsambandið DDT (díkór-dífenýl-tríklóretan). Þetta efni er öflugur skordýraeyðir. Gallinn er



Mynd 3.15 Einangrunarkefli úr bakelit. Bakelit er fyrsta lífræna gerviefnið sem mönnum tókst að framleiða.



Mynd 3.16 Föt eru oft gerð úr lífrænum gerviefnum. Flíspeysur eru gerðar úr lífrænu gerviefni sem kallast pólýester en það er fengið með því að endurvinnna plastflöskur sem framleiddar hafa verið úr þessu efni.

bara sá að efnið eyðist afar hægt í náttúrunni og lífverur ná ekki að brjóta það niður að ráði. Þetta hefur í för með sér að styrkur efnisins eykst milli þrepa í fæðukeðjunni. Til dæmis hefur verið sýnt fram á að styrkur DDT í fitu fiska getur orðið allt að 14000 sinnum styrkur þess í sjónum umhverfis. Þmis önnur lífræn gerviefni hegða sér líkt og DDT, þ.e. eyðast seint í náttúrunni og safnast upp í fituvefjum dýra og eru lífríkinu mjög hættuleg. Slík efni kallast einu nafni þrávirk lífræn efni.

Samantekt

Í þessum kafla hefur athygli þinni verið beint að lotukerfinu, sérstakri töflu þar sem frumefnum er raðað í lotur og flokka. Frumefni í sama flokki hafa svipaða eiginleika. Þú lærðir að frumefnum má skipta í tvo meginhópa, málma og málmleysingja, og að þessir efnahópar eru ólíkir að ýmsu leyti. Þú lærðir líka að málmblöndur væru oftast sterkari og þolnari efni en hreinir málmar, til dæmis væri stál mun sterkara og endingarbetra efni en járn. Í lokin var fjallað um kolefnisfrumeindina, þessa mögnuðu frumeind sem gegnir lykilhlutverki bæði í lífríkinu og í efnaðnaði nútímans.

Verkefni

22. Skrifaðu eftirfarandi upp í vinnubók þannig að setningarnar verði réttar og settu viðeigandi orð úr hægri dálkinum í viðeigandi línu.

Per halógen

Ba er hliðarmálmur

Br er í 5. flokki í lotukerfinu

Pb er jarðalkalímálmur

Ni er í 6. lotu.

23. Tölurnar í eftirfarandi lotukerfi tákna frumefni.

[illegible]

Svaraðu eftirfarandi spurningum með því að tilgreina tölurnar (1 til 8) en ekki heiti eða tákn frumefnanna.

- Hvaða tvö frumefni eru í sama flokki?
- Hvaða frumefni eru í 2. lotu?
- Hvaða frumefni eru málmar?
- Hvaða frumefni er hálfmálmur?
- Tvö frumefnanna eru gastegundir. Hver?
- Eitt frumefni er hliðarmálmur? Hvert?
- Eitt frumefnanna er óvirk gastegund. Hvert?
- Eitt frumefnanna er vökvi við stofuhita.

Hvaða frumefni er það?

24. Frumefni hefur eftirfarandi einkenni:

- flýtur á vatni
- gljáandi yfirborð, þegar skorið er í það.
- bræðslumark er 98 °C
- leiðir vel rafmagn
- brennur í andrúmslofti

Hvaða tveir af ofan nefndum eiginleikum gefa til kynna að hér sé um málma að ræða?

25. Eftirfarandi tafla sýnir eiginleika nokkurra frumefna:

Frumefni	Bræðslu- mark / °C	Suðu- mark / °C	Leiðir rafmagn?	Hvarfast við vatn?
1	-7	59	Nei	nei
2	64	760	Já	já
3	98	892	Já	já
4	113	445	Nei	nei

- Hvert frumefnanna er vökvi við 25 °C?
- Tvö frumefnanna eru greinilega málmar? Hver? Útskýrðu val þitt.
- Eitt frumefnanna er brennisteinn. Hvaða frumefni? Útskýrðu svar þitt.
- Gæti eitt frumefnanna verið kalín? Útskýrðu svar þitt.

26. Eftirfarandi tafla sýnir heiti, formúlur og líkön nokkurra lífrænna efna. Settu töfluna upp í vinnubók og ljúktu við hana með því að teikna líkön metans, bútons og pentans.

Heiti efnis	Líkan
metan CH_4	
etan CH_3CH_3	
própan $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	
bútan $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	
pentan $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$	

Þrautir

1. Hugsum okkur að við setjum málmana kalsín og nikkell í vatn og að bara annar þeirra leysist upp. Hvort er líklegra að það sé kalsín eða nikkell? Færðu rök fyrir svari þínu.
2. Árið 1890 fannst í andrúmslofti gaskennt frumefni sem menn höfðu ekki tekið eftir áður. Í ljós kom að það hafði svipaða eiginleika og helín og að frumeindamassinn var 39,95 u. Hvaða frumefni var þetta?
3. Tiltekið frumefni er málmur sem hvarfast við vatn og hefur hver frumeind hans 11 róteindir í kjarna. Hvert er frumefnið?

Kafli 4

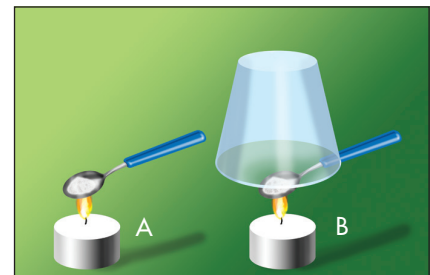
EFNABREYTINGAR

Ef við fylgjumst vel með umhverfi okkar sjáum við að það tekur stöðugum breytingum: Lauf fölna, bílar ryðga, mjólk súrnar, brauð mygla, kerti brenna, vatn gufar upp. Allt eru þetta *efnabreytingar* af einhverju tagi. En hvernig gerast slíkar breytingar? Hvernig gufar vatn upp? Hvað gerist í raun þegar kerti brennur? Hvað gerist þegar hjartarsalt er hitað yfir kertaloga?

Athugun

Hjartarsalt hitað

1. Taktu fram box með hjartarsalti. Opnaðu boxið og þefaðu varlega af innihaldinu. Finnurðu lykt? Geturðu lýst henni?
2. Settu um það bil $\frac{1}{4}$ úr teskeið af hjartarsalti á matskeið og hitaðu matskeiðina yfir sprittkerti eins og sýnt er á mynd 4.1 A. Haltu þessu áfram í fáeinar mínútur.
 - **Varúð:** Matskeiðin getur hitnað talsvert, einkum sá hluti hennar sem er næst loganum. Gættu þess að brenna þig ekki og gættu þess líka að setja ekki skeiðina beint á borð eða annað yfirborð sem er viðkvæmt fyrir hita. Láttu skeiðina á disk eða í vaskinn að athugun lokinni.
3. Fylgstu vel með hjartarsaltinu. Hvað gerist? Skráðu það sem þú sérð. Hefurðu einhverja skýringu á því?
4. Fáðu einhvern í lið með þér. Endurtaktu athugun þína á hjartarsalti en biðdu aðstoðarmann þinn að halda þurru og helst dálítið köldu vatnsglasi yfir skeiðinni meðan þú hitar hjartarsaltið. (Mynd 4.1 B). Fylgstu náið með innra borði glassins. Sérðu einhverja breytingu? Strjúktu innra borð glassins með fingrinum. Ertu einhvers vísari?



Mynd 4.1 Hjartarsalt hitað.

Varðveisla massans

Fyrr á öldum voru hugmyndir náttúruvísindamanna um efni og efnabreytingar harla óljósar. Sumir þeirra trúðu því jafnvel að efni gætu orðið til úr engu og horfið sporlaust. Þessar hugmyndir breyttust undir lok 18. aldar og

þá ekki síst vegna hins fræga rits Lavoasiers, *Frumdrög efnafræðinnar* sem kom út 1789. Þarna setur hann fram *lögmálið um varðveislu massans* sem efnafræðin hefur byggst á upp frá því. Lögmálið segir að þó að efni taki breytingum haldist *heildarmassi* þeirra efna sem taka þátt í breytingunni óbreyttur. Hvað merkir þetta?



Mynd 4.2 Hvað verður um kertavaxið?

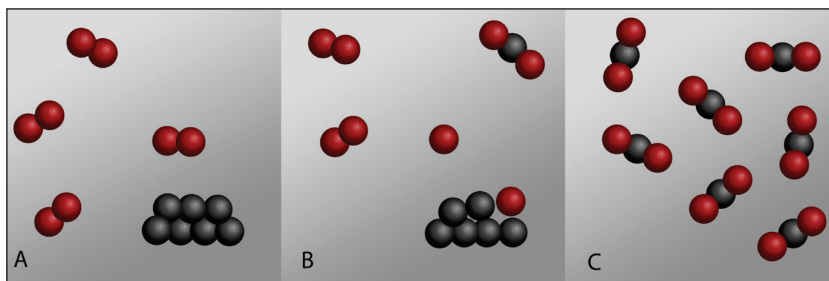
Hugsum okkur logandi kerti (mynd 4.2). Þegar kertið brennur eyðist kertavaxið smám saman. Miðað við hugmyndir fyrri tíma mætti halda að kertið yrði að engu. Lögmálið um varðveislu massans hafnar því. Það segir okkur að massi kertisins *varðveitist í efnum sem myndast þegar kertið brennur*.

Nú vitum við að til þess að hlutir geti brunnið þarf súrefni. Þetta þýðir að þegar kerti brennur eyðast bæði kertavaxið og súrefni úr andrúmsloftinu. Hugsum okkur að 50 grömm af súrefni fari í að brenna 100 grömmum af kertavaxi. Heildarmassinn í byrjun er þá 150 grömm. Samkvæmt lögmálinu um varðveislu massans getum við treyst því að þessi 150 grömm varðveitist í efnum sem myndast við brunann. Við bruna kertis myndast ýmis efni, m.a. vatnsgufa og koltvíoxíð. Með varðveislulögmálið að leiðarljósi getum við nú fullyrt að 150 grömmin muni skila sér í þessum nýju efnum, að *samanlagður* massi þeirra verði 150 grömm. Nú má spyrja: Hvað er það sem varðveitist? Satt best að segja stóðu menn ráðþrota gagnvart þessari spurningu fyrst eftir að varðveislulögmálið kom fram á sjónarsviðið. Mál-in fóru ekki að skýrast fyrr en um það bil tveimur áratugum síðar, það er að segja þegar Dalton setti fram frumeindakenningu sína árið 1808. Kjarninn í kenningu Daltons er að allt efni sé samsett úr frumeindum og að *frumeindirnar varðveitist þó að efnin sem slík taki breytingum*. Þessi hugmynd sló í gegn og hefur staðist tímans tönn.



Mynd 4.3 Kolefni kemur fyrir bæði sem demantur og sem gráleitt mjúkt efni sem smyrst auðveldlega út á pappír og er því hentugt til að skrifa með.

Skoðum dæmi. Lavoasier tók eftir því að ef hann hitaði demant vel og lengi eyddist hann smám saman. Nú hefði mátt ætla að demanturinn yrði hreinlega að engu við hitunina. Lavoasier var annarrar skoðunar. Hann hafði jú komist að raun um að þegar efni brenna ganga þau í efnasamband við súrefni andrúmsloftsins og mynda með því svokölluð oxíð. Í sumum tilvikum eru þessi oxíð föst efni og sjást því berum augum. Þegar tin er hitað í andrúmlofti myndast tinoxíð, sem er hvítt fast efni og því sýnilegt. Þegar demantur brennur myndast hins vegar litlaus gastegund, koltvíoxíð, sem sést ekki berum augum. Demantur er sérstakt afbrigði af kolefni (C) og er því frumefni. Þegar demantur brennur ráðast súrefnissameindir á kolefnisfrumeindirnar með þeim afleiðingum að bæði demanturinn og súrefnið rofna í frumeindir sínar, kolefnisfrumeindir og súrefnisfrumeindir, sem aftur tengjast innbyrðis og mynda koltvíoxíðsameindir (mynd 4.4).



Mynd 4.4 Myndin gefur hugmynd um hvernig kolefni (demantur) brennur.

A: Súrefnissameindir (O₂) sækja að kolefnisfrumeindunum.

B: Súrefnissameindir rofna og tengjast kolefnisfrumeindum.

C: Í lokin eru bara koltvíoxíðsameindir til staðar. Ef vel er að gáð sést að allar frumeindirnar skila sér að lokum, bara í nýju efni (CO₂).

Ef nægilegt framboð er af súrefnissameindum verður ekkert eftir af demantinum í lokin. Hitt er öruggt að frumeindir demantsins halda áfram að vera til sem hlutar af koltvíoxíðsameindum sem myndast við brunann (mynd 4.4 C). Það sem virðist hverfa heldur í raun áfram að vera til, sem nýtt efni, í þessu tilviki ósýnileg gastegund, koltvíoxíð. Það sem hér hefur verið sagt má draga saman í eina setningu:

- Frumeindir efna varðveitast við efnabreytingar.

Verkefni

1. Í 1. kafla var aðeins minnst á efnajöfnur, t.d. efnajöfnuna fyrir bráðnun klaka:



Efnajafna sýnir í raun efnið eða efnin sem eru til staðar í upphafi og efnið eða efnin sem myndast. Örin merkir *verður að* eða *breytist í*. Skoðu mynd 4.4 og reyndu með hjálp hennar að skrifa efnajöfnu sem lýsir því hvernig kolefni og súrefni mynda efnasambandið koltvíoxíð. Notaðu formúlur efnanna og viðeigandi ástandstákn (s, g, l).

2. Þegar hjartarsalt (NH₄HCO₃) var hitað í athugininni sem þú gerðir í byrjun kaflans, virtist það verða að engu. Í raun er það svo að efnið sundrast og myndast þá þrjú efnasambönd. Eitt þeirra er ammóníak (NH₃) sem er ósýnileg gastegund með sterkri lykt sem finnst greinilega þegar box með hjartarsalti er opnað. Hver gætu hin tvö efnasamböndin verið? Skoðu formúlu hjartarsalts. Úr hvaða frumefnum er það samsett? Hvaða efnasambönd gætu hugsanlega myndast úr þessum frumefnum?

Tegundir efnabreytinga

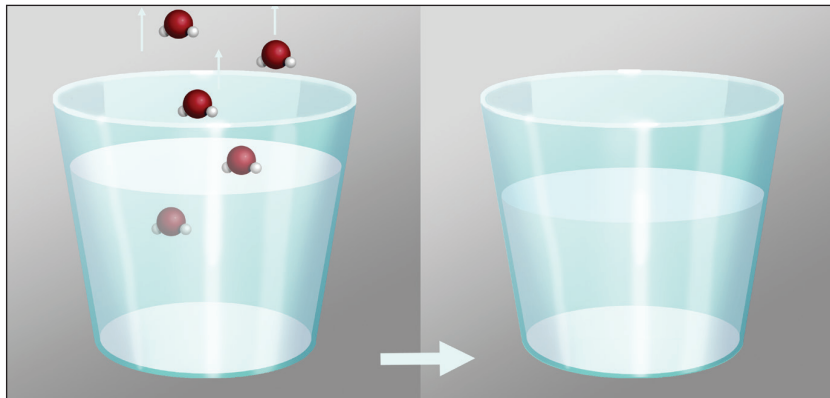
Með orðinu efnabreyting er hér átt við hvers kyns breytingar sem verða á efnum vegna breytinga á aðstæðum, hita og þrýstingi, eða víxlverkana þeirra innbyrðis.

Efnabreytingar má flokka á ýmsa vegu. Hér er þeim skipt í þrjá flokka: hamskipti, leysingar og efnahvörf.

Úr einum ham í annan

Hamskipti hafa verið til umræðu í fyrri köflum. Í kafla 2 var útskýrt að þegar klaki bráðnar eykst hreyfing vatnssameindanna. Þegar vatn gufar upp eykst hreyfingin enn meir. Vatn sem gufar upp hverfur að vísu sjónum okkar en við gerum ráð fyrir að það sé þarna enn þá, bara í öðrum ham, það er að segja sem vatnsgufa. Með frumeindakeninguna að leiðarljósi sjáum við vatn fyrir okkur sem vatnssameindir. Í föstum ham eru þær þétt saman og niðurnjörvaðar, geta sig lítið hreyft. Þegar klakinn bráðnar losnar um vatnssameindirnar og enn frekar þegar vatnið gufar upp. Þá dreifast þær um allt það rými sem er til staðar (mynd 4.5). *Vatnssameindirnar sem slíkar breytast ekki.* Það eina sem gerist er að hreyfing þeirra eykst.

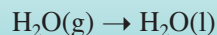
Mynd 4.5 Þegar vatn gufar upp yfirgefa sameindirnar vökvahaminn og dreifast um loftið.



- Við hamskipti haldast frumeindir og sameindir óbreyttar en hreyfing þeirra breytist.

Verkefni

3. Skoðaðu eftirfarandi efnajöfnu:



Hvers konar hamskiptum lýsir efnajafnan?

Athuganir

Sykurmoli og vatn

Taktu fram tvö glös. Hálffylltu annað með köldu vatni en hitt með heitu vatni. Settu einn sykurmola í hvort glas. Fylgstu vel með molunum í 5 mínútur og skráðu athuganir þínar í vinnubók.

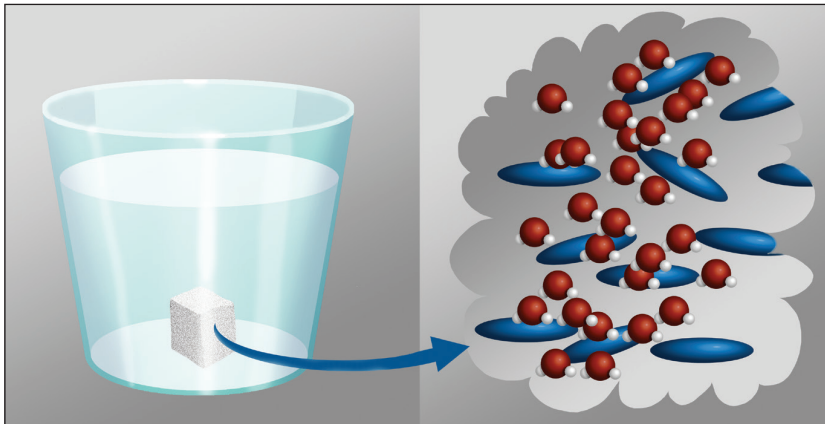
Vatn og matarolía

Fylltu glas til hálfs með köldu vatni. Settu $\frac{1}{2}$ dl af matarolíu út í vatnið. Hvað sérðu? Hrærðu nú vel með skeið. Hvað gerist? Blandast vökvarnir?

Leysing og leysar

Þegar sykurmoli er settur út í vatn hverfur hann smám saman sjónum okkar. Þetta þýðir þó ekki að hann verði að engu enda getum við sannfærst um það með því einu að smakka á vatninu og finna að það er sætt.

Stráskykur er sameindaefni. Sykurmoli er samsettur úr milljörðum og aftur milljörðum stráskykursameinda. Í föstu ástandi liggja sameindirnar þétt saman. Þegar sykurmoli leysist upp losna sykursameindirnar hver frá annarri og dreifast um vatnið inn á milli vatnssameindanna (mynd 4.6).

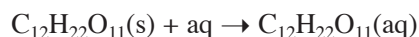


Mynd 4.6 Sykurmoli að leysast upp í vatni. Bláu agnirnar tákna stráskykursameindir. Samkvæmt þessu líkani felur leysing efnis í sér að efnisagnir þess losna hver frá annarri og dreifast um leysinn (hér: vatnið).

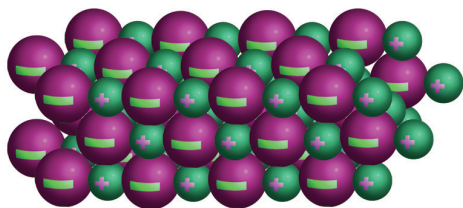
Það sem þú sérð á mynd 4.6 er dæmi um *leysingu*. Leysing er það kallað þegar efni leysist upp í öðru efni, sem þá kallast *leysir*. Í dæminu með sykurmolann gegnir vatn hlutverki leysis. Vatn er algengasti leysirinn og jafnframt mjög fjölhæfur sem slíkur, getur leyst upp margs konar efni. Sum efni ræður vatnið þó illa við, einkum olíur og fituefni. Þetta sástu í athugun þinni á vatni og matarolíu. Þessi tvö efni blönduðust ekki, sama

hve mikið þú reyndir að hræra þeim saman. Til að leysa olíur og fituefni þarf sérstaka leysa eða leysiefni, til dæmis terpentínu, aseton eða bensín. Efnafræðingar segja gjarnan að „líkur leysi líkan“. Þessi orðháttur vísar til þess að *efni af sömu eða svipaðri gerð leysist gjarnan hvert í öðru*. Olíur og fituefni eru *vatnsfælin lífræn efni* og blandast illa eða alls ekki við vatn. Til að leysa slík efni þarf leysa af svipaðri gerð og þau eru sjálf, lífræna leysa, eins og terpentínu, bensín eða aseton. Naglalakk er ekki hægt að fjarlægja með vatni. Hins vegar rennur það af með naglalakkseyði. Í naglalakkseyði er lífrænt efni, aseton eða asetat, sem leysir upp naglalakk.

Það væri flókið að lýsa alltaf leysingu efna myndrænt eins og gert er á mynd 4.6. Því nota efnafræðingar auðvitað efnajöfnu. Formúla strásykurs er $C_{12}H_{22}O_{11}$. Leysingu strásykurs má því lýsa þannig:



Táknið aq stendur hér fyrir vatn og táknið (aq) fyrir uppleyst í vatni. Með efnajöfnunni er verið að reyna að segja svipaða sögu og fram kemur á mynd 4.6, það er þegar strásykur er leystur í vatni losna sykursameindirnar hver frá annarri og dreifast um vatnið.

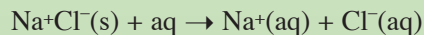


Mynd 4.7 $Na^+Cl^-(s)$ er tákn fyrir matarsalt.

Athugun

Matarsalt leyst í vatni

1. Settu 1 dl af heitu vatni í glas og bættu út í það einni teskeið af matarsalti. Fylgstu með og skráðu athuganir þínar. Hvað gerist? Hvað kallast þetta?
2. Öfugt við strásykur er matarsalt ($NaCl$) ekki sameindaefni heldur jónefni. Það er ekki samsett úr sameindum heldur jónum: natrínjónum (Na^+) og klóríðjónum (Cl^-). Í saltkornunum eru jónirnar þétt saman (sbr. mynd 4.7). Þegar matarsalt leysist í vatni gerist það með þeim hætti að jónirnar losna hver frá annarri og dreifast um vatnið. Leysingu matarsalts í vatni má því lýsa þannig:



Teiknaðu mynd af leysingunni í vinnubók.

3. Prófaðu að leysa meira af saltinu í vatninu. Byrjaðu með einni teskeið, hrærðu þangað til saltið hefur leyst upp, bættu svo einni teskeið af salti til viðbótar og þannig koll af kolli þangað til að vatnið tekur ekki við meiru.

4. Hvað gastu leyst margar teskeiðar af salti í 1 dl af vatni?
5. Prófaðu, til samanburðar, að leysa önnur efni í vatni, t.d. hveiti og pipar. Leysast þau betur eða verr í vatni en matarsalt?

Leysni

Skóðu töflu 4.1. Hún sýnir leysni nokkurra efna í vatni við 20 °C. Leysni efnis í vatni segir manni hve mörg grömm er hægt að leysa af efniinu í 100 grömmum af vatni sem er 20 °C. Þú sérð til dæmis að leysni matarsalts (NaCl) er 36,0 grömm í hverjum 100 grömmum af 20 °C heitu vatni. 100 grömm af vatni samsvara um það bil 1 dl af vatni þannig að þetta gefur þér nokkra hugmynd um magnið sem þú hefur átt að geta leyst upp í athugun þinni hér á undan.

Í töflu 4.1 kemur fram að efni leysast misvel í vatni. Sum efni, til dæmis sandur, eru nánast óleysanleg í vatni. Næstu þrjú efni þar fyrir neðan (silfurklóríð, súrefni og koldíoxíð) eru dæmi um *torleyst* eða *torleysanleg* efni, en hin (matarsalt, stráskykur, silfurnítrat og vínandi) dæmi um *auðleyst* eða *auðleysanleg* efni. Efni eru sögð *torleyst* þegar leysni þeirra er minni en 0,1 g í 100 g af vatni.

Athugun

Kranavatn

Láttu *vel heitt* kranavatn í skál. Fylltu svo glas með *vel köldu* kranavatni og komdu glasinu fyrir í skálinni með heita vatninu (mynd 4.8). Settu teskeið ofan í glasið. Fylgstu vel með vatninu og skeiðinni næsta hálf tímann eða svo. Hvað sérðu?

Skráðu athuganir þínar.

Áhrif hita á leysni efna

Eins og mynd 4.9 gefur til kynna eykst leysni fastra efna venjulega með hitanum. Á hinn bóginn minnkar leysni gastegunda með hækkandi hita (mynd 4.10). Þetta sástu raunar í athugun þinni á kranavatni. Þegar þú settir glas með köldu vatni ofan í skál með heitu vatni leið ekki á löngu þar til litlar loftbólur fóru að stíga upp úr vatninu. Loftið í þessum loftbólum er blanda gastegunda, niturs, súrefnis, argons og koltvíoxíðs, hinna sömu

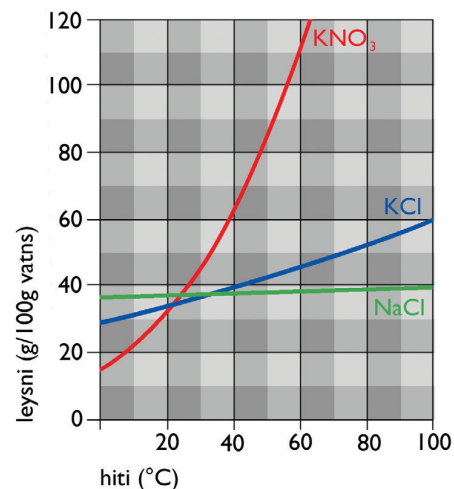
Tafla 4.1

Leysni efna í 20 °C heitu vatni

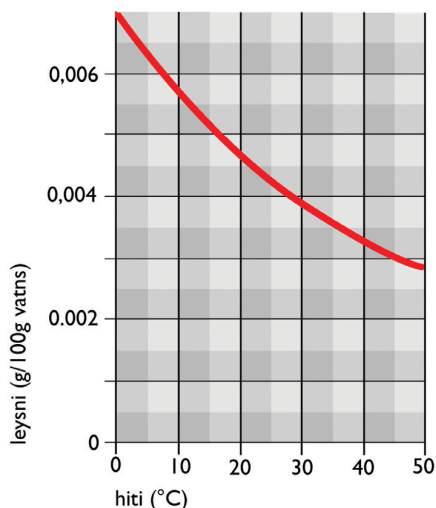
Efni	Formúla	Leysni (g/100 g af vatni)
sandur		óleysanlegur
silfurklóríð	AgCl	0,000001
súrefni	O ₂	0,004
koldíoxíð	CO ₂	0,014
matarsalt	NaCl	36,0
stráskykur	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	204,0
silfurnítrat	AgNO ₃	217,0
etanól	CH ₃ CH ₂ OH	ótakmarkað



Mynd 4.8 Uppsetning athugunar með misheitt kranavatn.



Mynd 4.9 Leysni fastra efna eykst venjulega með hækkandi hita.



Mynd 4.10 Leysni gastegunda minnkar með hækkandi hita. Línuritíð sýnir leysni súrefnis við mismunandi hita.

og eru í andrúmslofti. Hver þessara gastegunda leysist að ákveðnu marki í vatni og þeim mun betur sem vatnið er kaldara. Sé vatn hitað að suðumarki verður það snauð af gastegundum því leysni þeirra við svo háan hita er sáralítill.

Mettaðar og ómettaðar lausnir

Leysni efnis gefur til kynna hve mikið er hægt að leysa upp af efninu í ákveðnum leysi, til dæmis vatni, við ákveðinn hita. Þegar þessu marki er náð er lausnin sögð *mettuð*. Annars er hún *ómettuð*. Leysni matarsalts í 100 g af vatni sem er 20 °C er 36,0 g. Ef 100 grömm af vatni geyma þetta magn af matarsalti er lausnin mettuð. Vatnið getur ekki borið meira magn af matarsalti. Sé meira af salti bætt í vatnið sest það einfaldlega til á botninum og leysist ekki upp sama hve mikið er hrært.

Í sjó er mikið af uppleystum efnum, sérstaklega söltum af ýmsu tagi. Yfirleitt er sjórinn ómettaður af þessum efnum. Ef vatnið í sjónum er látið gufa upp kemur hins vegar að því að sjórinn verður mettaður af þessum söltum og þau fara að falla út eins og það er kallað. Ef sjórinn er látinn þorna alveg (til dæmis í tjörn á heitri sjávarströnd) situr eftir lag af hvítu sjávarsalti sem auðvelt er að safna saman og selja enda er sjávarsalt vinsælt krydd í mörgum eldhúsum (mynd 4.11).

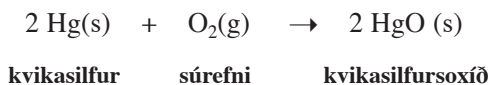
Verkefni

- Þú hefur sjálfsagt tekið eftir því að í fiskabúrum eru yfirleitt loftdælur. Til hvers skyldu þær vera?
- Hornsíli eru litlir fiskar sem lifa í tjörnum víða um land. Stundum veiðir fólk þessa fiska og setur í fiskabúr sem það hefur svo inni hjá sér. Þessu fylgir ákveðin hætta sem skýrist ef línuritíð á mynd 4.10 er skoðað vel. Hvaða hætta er hér á ferð? Hvað segir línuritíð þér?
- Athugaðu mynd 4.9. Hver er leysni kalínnítrats við 20 °C og 60 °C?
- Notaðu töflu 4.1, á bls. 57 til að skera úr um hvort lausn sem inniheldur 200 grömm af silfurnítrati í 100 g af vatni sé mettuð eða ómettuð.
- Athugaðu mynd 4.10. Hugsum okkur að 100 g af vatni, sem er mettað súrefni við 0 °C, séu hituð úr 0 °C í 50 °C. Hve mörg grömm af súrefni ættu að losna úr vatninu við hitunina?

Efnahvörf

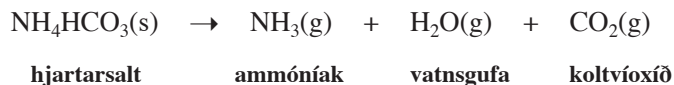
Við hamskipti breytist hreyfing frumeinda og sameinda. Þegar vatn gufar upp verður mun meiri hreyfing á vatnssameindunum en áður. Við leysingu verður líka breyting á hreyfingu efnisagna. Þegar sykurmoli leysist upp í vatni dreifast sykursameindirnar um vatnið. Munurinn á þessum tveimur gerðum efnabreytinga er sá að við hamskipti er einungis um eitt efni að ræða (sbr. vatn sem frýs) en leysing felur hins vegar í sér *víxlverkun tveggja efna*, til dæmis sykurs og vatns. Sykursameindirnar og vatnssameindirnar dragast hver að annarri þannig að sykursameindirnar eru í lokin umklutar hjúpi vatnssameinda (sjá mynd 4.6 bls. 55).

Flest efnahvörf eru, líkt og leysing, víxlverkanir tveggja eða fleiri efna. Við efnahvörf verða hins vegar mun meiri breytingar en við leysingu. Efnin eyða hvort öðru og *ný efni* verða til. Þegar sykur er leystur í vatni eyðist hvorki sykurinn né vatnið, sykursameindirnar dreifast bara innan um vatnssameindirnar. Þegar kvikasilfur er hitað í nærveru súrefnis eyðist hins vegar bæði kvikasilfrið og súrefnið en nýtt efni, kvikasilfursoxíð, verður til:



Nú er sagt að kvikasilfrið og súrefnið *hvarfist*. Einnig má segja að kvikasilfrið *gangi í efnasamband* við súrefnið.

Sum efnahvörf gerast án víxlverkunar tveggja eða fleiri efna. Til eru efni sem eru svo óstöðug að þau sundrast af sjálfu sér við ákveðnar aðstæður án þess að önnur efni komi þar við sögu. Þetta á til dæmis við um hjartarsaltið sem þú kannaðir í upphafi þessa kafla. Þegar það er hitað nægilega vel fer það að sundrast í ammóníak, vatnsgufa og koltvíoxíð:



Hjärtarsalt er stundum notað sem lyftiefni við bakstur. Efnajafnan skýrir hvernig hjartarsalt verkar sem lyftiefni. Þegar deigið hitnar í ofninum fer hjartarsaltið að rofna og þá myndast vatnsgufa og gastegundir (ammóníak og koltvíoxíð) sem ryðja frá sér deiginu með þeim afleiðingum að það bólgnar út. Þau dæmi sem við höfum skoðað leyfa okkur að setja fram eftirfarandi skilgreiningu:

- Við efnahvörf myndast ný efni meðan önnur hverfa.



Mynd 4.11 Sjávarsalt er unnið úr sjó með því að láta sjóinn þorna í grunnum tjörnum við yl frá sólinni. Þegar vatnið gufar upp verður saltið eftir og því er síðan safnað saman í stórar hrúgur eins og hér sjást.

Athugun

Heitt og kalt te

Taktu til tvö glös. Fylltu annað með köldu vatni og hitt með heitu. Settu tepoka í hvort glasið fyrir sig. Fylgstu með um hríð og skráðu athuganir þínar. Hvers konar efnabreyting á sér stað? Hvaða áhrif sýnist þér hitinn hafa?

Af hverju litast vatnið? Hvað er þessi litur?

Verkefni

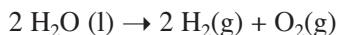
9. Fram hefur komið að efnabreytingar eru af þremur megingerðum: hamskipti, leysingar og efnahvörf. Hvers konar efnabreytingum lýsa eftirfarandi efnajöfnur?

- a) $\text{KCl (s)} + \text{aq} \rightarrow \text{KCl (aq)}$
- b) $\text{KCl (s)} \rightarrow \text{KCl(l)}$
- c) $2 \text{K(s)} + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow \text{KCl(s)}$
- d) $\text{NH}_3(\text{g}) \rightarrow \text{NH}_3(\text{l})$
- e) $\text{NH}_4\text{HCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O(g)} + \text{CO}_2(\text{g})$
- f) $\text{HCl(g)} + \text{aq} \rightarrow \text{HCl(aq)}$

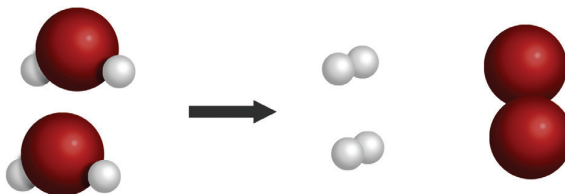
Efnahvörf í ljósi frumeindakennningarinnar

Öll efni eru samsett úr minnstu ögnum, frumeindum eða sameindum. Ef við skoðum efnahvörf í þessu ljósi sjáum við að efnahvörf fela í sér *umröðun frumeinda*. Athugum þetta betur.

Eins og þú kannski manst tókst Lavoasier fyrstum manna að sundra vatni í frumefni sín, vetni og súrefni. Efnajafnan fyrir þetta efnahvarf er:



Efnajafnan segir að *tvær* vatnssameindir verði að *tveimur* vetnissameindum og *einni* súrefnissameind. Ef við notum líkön lítur dæmið þannig út:



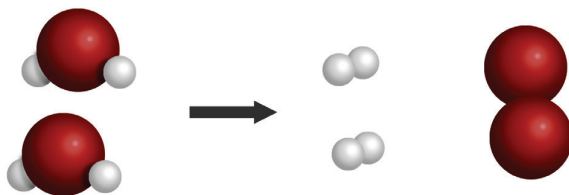
Vinstra megin við örina eru tvær vatnssameindir. Í hvorri sameind eru tvær vetnisfrumeindir tengdar einni súrefnisfrumeind. Þegar vatn sundrast hætta súrefnis- og vetnisfrumeindirnar að vera saman en tengjast í staðinn innbyrðis. Með öðrum orðum, frumeindirnar raðast upp með nýjum hætti, þær *umraðast*.

Taktu eftir því að í dæminu með sundrun vatns eru sýndar *tvær* vatnssameindir en ekki ein. Ástæðan er einfaldlega sú að ein vatnssameind nægir ekki. Skoðum þetta nánar.

Ef við hefðum aðeins eina vatnssameind til afnota yrði útkoman þessi:



Úr einni vatnssameind fást að hámarki tvær vetnisfrumeindir og ein súrefnisfrumeind. Nú manstu kannski að gaskennd frumefni eru í flestum tilvikum gerð úr *parsameindum*. Vetni er H_2 en ekki H. Súrefni er O_2 en ekki O. Þess vegna gengur dæmið ekki upp. Til að bjarga málunum þarf eina vatnssameind til viðbótar:



Nú geta myndast tvær *vetnissameindir* og ein *súrefnissameind*. Þetta sýnir að:

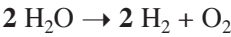
- *Efni hvarfast (sundrast) í ákveðnum hlutföllum.*

Þegar vatn sundrast gerist það í *hlutföllunum* 2 : 2 : 1. *Tvær* vatnssameindir ummyndast í *tvær* vetnissameindir og *eina* súrefnissameind. Þess vegna skrifum við efnajöfnuna fyrir sundrun vatns þannig:



Tölurnar 2, 2 og 1 fyrir framan efnatáknin í efnajöfnunni kallast *stuðlar* efnajöfnunnar. Stuðlarnir sýna í hvaða hlutföllum efnin hvarfast. Efnajafna með réttum stuðlum kallast *stíllt efnajafna*. Ef stuðullinn er 1 er hann

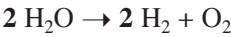
yfirleitt ekki skrifaður. Efnajafnan fyrir sundrun vatns er því venjulega skrifuð þannig:



Hafa ber í huga að í raunveruleikanum er fjöldi efnisagna sem tekur þátt í efnahvarfi alltaf gríðarlega mikill. Í einum dropa af vatni eru milljarðar og aftur milljarðar af vatnssameindum. Þetta breytir þó engu um *hlutföllin* sem efnin hvarfast í. Í dæminu okkar um vatnið hér að framan gætum við alveg eins sagt að **2** milljarðar vatnssameinda sundrist í **2** milljarða vetnissameinda og **1** milljarð súrefnissameinda. Hlutföllin eru eftir sem á ð u r
2 : 2 : 1.

Að stilla efnajöfnur

Sameindir sundrast en frumeindir ekki. Þegar vatni er sundrað eyðast vatnssameindirnar en ekki frumeindirnar sem þær eru gerðar úr. Þær halda áfram að vera til, að vísu í nýjum búningi, sem frumefnin vetni og súrefni. Hugtakið *efnajafna* byggir á þessu grundvallaratriði efnafræðinnar, það er *varðveislu frumeindanna*. Þegar við skrifum



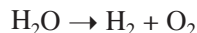
erum við bæði að segja að vatnssameindirnar sundrist en líka að *frumeindirnar varðveitist*. Vinstra megin eru 2 vatnssameindir, hvor um sig með 2 vetnisfrumeindir og 1 súrefnisfrumeind. Í heild gerir það 4 vetnisfrumeindir og 2 súrefnisfrumeindir. Hægra megin eru 2 vetnissameindir, hvor um sig með 2 vetnisfrumeindir, svo og 1 súrefnissameind. Samtals gerir þetta 4 vetnisfrumeindir og 2 súrefnisfrumeindir. Uppgjörið lítur þá þannig út:

Stillt efnajafna:	$2 \text{H}_2\text{O}$	$\rightarrow$	$2 \text{H}_2 + \text{O}_2$
Fjöldi frumeinda fyrir efnahvarf	4 H 2 O		
Fjöldi frumeinda eftir efnahvarf			4 H 2 O

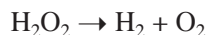
Öll H-in og O-in skila sér. Nú er efnajafnan *stillt*.

- Að stilla efnajöfnu felur í sér að setja tölur fyrir framan efnatáknin í efnajöfnunni þannig að allar frumeindirnar varðveitist.

Gættu þess að breyta ekki *formúlum* efna þegar þú ert að stilla efnajöfnur. Það væri til að mynda freistandi að stilla efnajöfnuna



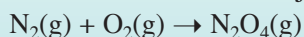
með því að setja 2 fyrir aftan O-ið í H_2O :



Lítur kannski vel út. Gallinn er bara sá að með því að setja töluna 2 fyrir aftan súrefnið í H_2O erum við ekki lengur með vatn heldur annað efni sem heitir vetnisperoxíð.

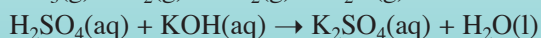
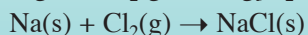
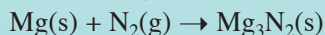
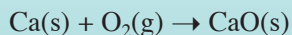
Verkefni

10. Skoðaðu eftirfarandi efnajöfnu:



Er efnajafnan stillt? Útskýrðu!

11. Stilltu eftirfarandi efnajöfnur:



Athugun

Að kveikja á eldspýtu

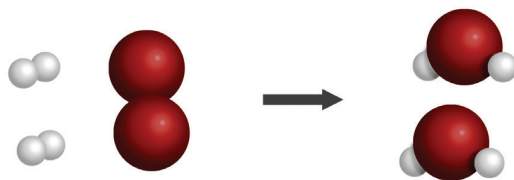
Taktu eldspýtu úr eldspýtustokki. Skoðaðu hana vel. Á öðrum enda eldpýttunnar er *haus*. Hvaða hlutverki gegnir hann?

Kveiktu nú á eldspýtunni. Fylgstu vel með því sem gerist og skráðu það sem þú sérð í vinnubók.

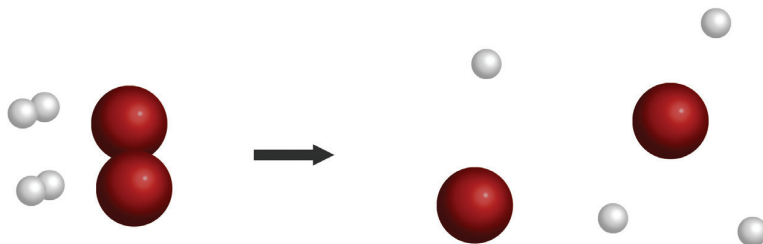
Hvernig gerast efnahvörf?

Þegar eldspýta brennur verður efnahvarf. Viðurinn sem eldspýtan er gerð úr gengur þá í efnasamband við súrefni andrúmsloftsins. Hins vegar vitum við fullvel að það nægir ekki að halda á eldspýtu í von um það kvikni á henni. Það verður að koma brunanum af stað, til dæmis með því að strjúka eldspýtuhausnum við hrjúft yfirborð eldspýstokksins. Við þennan núning fá efnin í eldspýtuhausnum, fosfór og brennisteinn, nægilega orku til að hvarfast við súrefni í andrúmsloftinu. Þegar efnin byrja að brenna losnar nægilega mikil orka til að kveikja í viði eldspýttunnar. Augljóslega er hér um keðjuverkun að ræða.

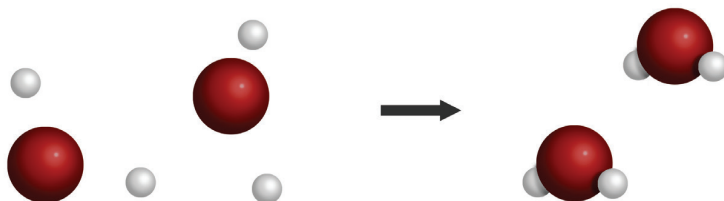
Efnahvörf eru keðjuverkun þar sem hver atburðurinn rekur annan. Raunar er varla við öðru að búast vegna þess að efnahvörf eru umröðun frumeinda. Tökum sem dæmi efnahvarf vetnis og súrefnis:



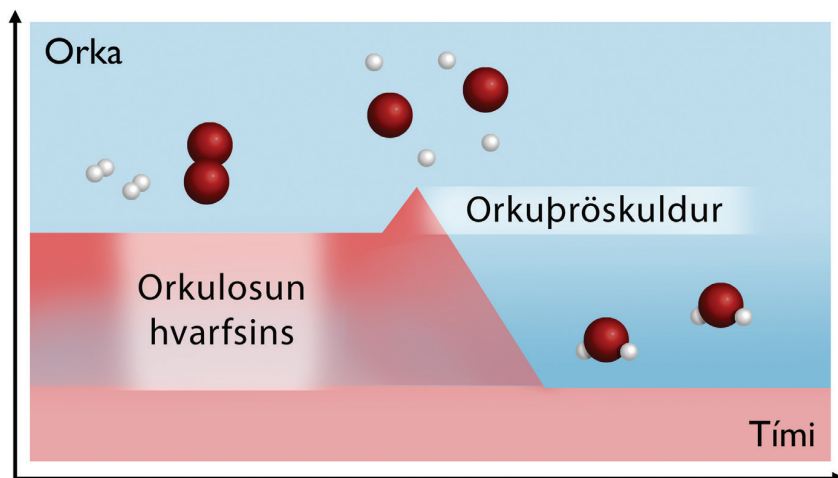
Augljóst er að efnahvarfið hlýtur að gerast í minnst tveimur þrepum. Fyrst þurfa sameindir súrefnis og vetnis að sundrast



og síðan sameinast á nýjan hátt:

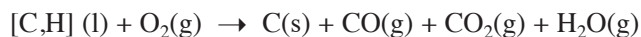


Fyrri þrepið, sundrun sameindanna, þarf orku. Það þarf orku til að rjúfa sameindirnar. Við seinna þrepið, myndun vatnssameinda, losnar hins vegar orka því sameindirnar sem myndast, vatnssameindirnar, eru mjög stöðugar og orkusnaðar sameindir. Í þessu tilviki er orkulosunin meiri en orkuþörfin eins og sjá má af mynd 4.12.



Mynd 4.12 Til að vetni geti brunnið þurfa bæði vetnissameindirnar og súrefnissameindirnar að sundrast. Þetta krefst orku sem samsvarar orkuþröskuldinum. Þegar frumeindirnar sameindast á nýjan leik (mynda vatnssameindir) losnar orka.

Orkuþröskuldurinn samsvarar þeirri orku sem þarf til að sundra sameindum. Orkulosun hvarfsins er sú orka sem losnar til umhverfisins og sem hægt er að nýta að hluta, til dæmis til að knýja farartæki. Raunar er vetni þegar komið í notkun sem eldsneyti fyrir bíla hér á landi. Kosturinn við vetni sem eldsneyti blasir við á myndinni: Það myndast bara vatn þegar það brennur. Mengun er því ekki til að dreifa. Mengun er einmitt vandamálið með eldsneyti sem unnið er úr olíu, til dæmis bensín, steinolíu og díselolíu. Allt eru þetta efnablöndur sem innihalda ýmis konar kolefnissambönd, aðallega úr kolefni og vetni. Bensín má því tákna sem $[C,H]$ og bruna bensíns má lýsa á eftirfarandi hátt:



Við hvarfið myndast að vísu vatn eins og þegar vetni brennur en að auki efni sem geta valdið heilsutjóni eins og sót (C) og koleinoxíð (CO). Koltvíoxíð er að vísu eðlilegur hluti af andrúmslofti og lífsnauðsynlegur þáttur í hringrás lífsins því plöntur nýta það til að framleiða lífræn efni til vaxtar og viðhalds. Á hinn bóginn er ekki heppilegt að koltvíoxíðmagnið í andrúmslofti vaxi mjög mikið því koltvíoxíð drekkur í sig hluta af sólargeislum sem yfirborð jarðar endurkastar og umbreytir þeim í varma. Þetta hefur í för með sér að meðalhitinn í lofthjúpi jarðar vex meira en gott þykir. Raunar gefa mælingar til kynna að meðalhitinn í lofthjúpi jarðar hafi



Mynd 4.13 Strætisvagnar knúnir vetni voru fyrst prófaðir í Reykjavík árið 2003. Allur tæknibúnaður vagnanna er hafður á þakinu, en vélin gengur fyrir rafmagni sem myndast við efnahvarf vetnis og súrefnis í sérstöku tæki sem kallast efnarafall.

hækkað undanfarna áratugi og menn tengja þetta niðurstöðum mælinga á magni koltvíoxíðs í andrúmslofti en það hefur aukist um 8% á umliðnum hundrað árum. Menn tala um gróðurhúsaáhrif í þessu sambandi. Samlíkingin á rétt á sér að því leyti að gler gróðurhúsa hefur svipuð áhrif og koltvíoxíð, það er að segja minnkar varmatap og hækkar hitann í loftinu í gróðurhúsinu.

Athugun

Kertalogi

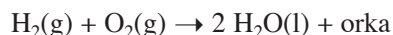
Til að gera þessa athugun þarf kerti, eldspýtur, bréfastemmu úr málm, glas, vinnubók, blýant og liti. Mundu að skrá athuganir þínar jafnóðum.

1. Kveiktu á kerti. Fylgstu vel með loganum og umhverfi hans. Hvað gerist með vaxið næst kveiknum? Hvers konar breyting er þetta? Hvaða hlutverki gegnir kveikurinn?
2. Kannaðu hitann í umhverfi logans með fingrinum, fyrst á svæðinu til hliðar við logann en síðan á svæðinu ofan við logann. Finnurðu mun? Hver gæti skýringin verið?
3. Er loginn alls staðar eins? Teiknaðu efsta hluta kertisins og logann. Notaðu gjarnan liti til að gera myndina þína eins skýra og þú getur.
4. Kannaðu svæði í loganum með bréfastemmunni. Stingdu henni eitt augnablik inn í logann *neðst við kveikinn*. Skoðaðu nú bréfastemmuna. Verður breyting á henni? Stingdu nú bréfastemmunni inn í efri hluta logans, þ.e. í svæðið þar sem guli liturinn er áberandi? Hvað gerist nú?
5. Haltu þurru og köldu vatnsglasi á hvolfi yfir loganum í nokkrar sekúndur. Gættu þess að fara ekki of neðarlega með glasið, brúnninn á að nema við efsta hluta logans. Fylgstu vel með innra borði glassins. Sérðu breytingu?
6. Kertaloginn er í raun ljós sem kemur frá efnahvarfinu sem þarna á sér stað. En hvaða efni eru að hvarfast? Hvaða efni eyðast við hvarfið? Hvaða efni koma í stað þeirra? Gefur athugunin með glasið þér einhverja vísbendingu um þetta?

Útvermar og innvermar efnabreytingar

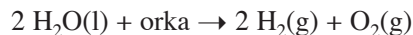
Efnabreytingum fylgja alltaf einhverjar orkubreytingar. Stundum verðum við vör við þetta, til dæmis þegar kerti brennur. Ef við færum fingur að loganum finnum við fyrir hita. Svæðið eða andrúmsloftið næst loganum er greinilega mjög heitt. Þetta þýðir að sameindir loftsins hafa nú fengið aukna hreyfiorku og sú orka hlýtur að koma frá kertinu.

Brúni kertis er dæmi um *útverma* efnabreytingu. Þegar efnabreyting er útvermin hitnar umhverfið vegna orku sem losnar við efnabreytinguna. Stundum er þetta undirstrikað með því að bæta orðinu *orka* aftan við efnajöfnuna, til dæmis:



Eldsneyti eða orkugjafar eru efni sem skila mikilli orku við bruna. Vetni og bensín tilheyra auðvitað þessum flokki efna en líka fæðan sem við borðum. Brennsla fæðu í líkama okkar eru útvermin efnahvörf þar sem fæðusameindir hvarfast við súrefni sem við öndum að okkur. Við þetta losnar orka sem við getum nýtt á ýmsa vegu, meðal annars til að hreyfa okkur og hugsa.

Sumar efnabreytingar taka til sín orku frá umhverfinu. Þær eru sagðar *innvermar*. Sundrun vatns er dæmi um innverma breytingu. Til að sundra vatni þarf orku í formi rafmagns. Nú kemur orðið orka framan við örina:



Þetta er auðvitað í samræmi við þá staðreynd að til að framleiða vetni þarf orku í formi rafmagns. Aðferðin kallast *rafgreining* (mynd 4.14).



Mynd 4.14 Vetnisstöð sem rafgreinir vatn í vetni og súrefni var opnuð við Grjótháls í í Reykjavík í apríl 2003. Í stöðinni er vetni geymt undir miklum þrýstingi þar til það er fyllt á tanka vetnisökutækja. Hráefnið fyrir vinnsluna er aðeins vatn og rafmagn og við notkun þess í bílum myndast aðeins vatn. Mengun er því engin.

Athugun

Kerti og vatn

1. Taktu fram kerti, undirskál, glas og eldpýtur. Gættu þess að kertið sé ekki hærra en sem nemur helmingi af hæð glassins.
2. Festu kertið á undirskál eins og mynd 4.15 sýnir og bættu síðan í hana um $\frac{1}{2}$ glasi af vatni. Kveiktu á kertinu.
3. Hvolfdðu nú glasinu yfir kertið. Fylgstu vel með.
4. Hvað gerist? Skráðu það hjá þér.



Mynd 4.15 Athugun með kerti og vatn.

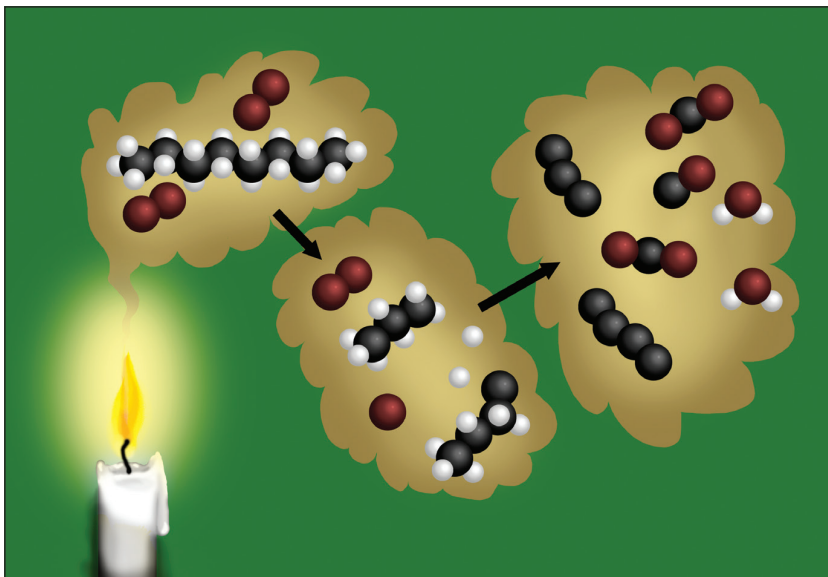
Kertaloginn í nærmynd

Þegar efni brenna losnar alltaf orka til umhverfisins. Bruni, af hvaða tagi sem hann er, er alltaf útvermið efnahvarf. Bruni kertis er dæmi um þetta. Þegar kerti brennur bráðnar kertavaxið næst kveiknum og sameindir kertavaxins berast upp eftir kveikiþræðinum þar sem þær gufa upp, brotna niður og hvarfast við súrefni úr andrúmsloftinu. Þú hefur kannski tekið eftir því að kertaloginn er bláleitur í útjarðrinum neðst. Blár logi er mjög heitur, mun heitari en gulur logi. Parna er mest að gerast; vaxsameindir að brotna sundur og brotin að tengjast súrefni úr andrúmsloftinu (mynd 4.16). Vaxsameindir eru lífrænar sameindir, aðallega úr kolefni (C) og vetni (H). Þegar vaxsameindir sundrast í nærveru súrefnis (O_2) myndast nýjar sameindir, til dæmis koltvíoxíð (CO_2) og vatnsgufa (H_2O). Vísbendingu um þetta fær maður með því að hvolfa glasi yfir kertaloga. Þá kemur móða innan á glasið. Móðan er í raun örsmáir vatnsdropar sem verða til þegar vatnsgufa sem myndast við brunann þéttist á innra borði glassins. Einnig er hægt að sýna fram á með sérstakri efnafræðilegri prófun að koltvíoxíð myndast við brunann. Ef kertavaxið er táknað með [C,H] má lýsa bruna kertis með eftirfarandi efnajöfnu:



Þessi efnajafna gefur þó ekki alveg rétta mynd af því sem gerist í kertaloga. Efnahvarfið er talsvert flóknara. Þú sást væntanlega í athugun þinni á kertaloganum að það kom sót á bréfaklemmuna þegar þú hélt henni í gula hluta logans. Þetta sót er í raun afgang kolefni sem hefur ekki náð að brotna alveg niður og ganga í samband við súrefnissameindir. Þegar sót hitnar mikið fer það að senda frá sér gult ljós og þetta skýrir hvers vegna bréfaklemma verður helst sótug í gula hluta kertalogans. Auk sóts myndast líka koleinoxíð þegar kerti brennur. Koleinoxíð er hættulegt efni, jafnvel í litlu magni, því það binst rauðum blóðkornum og getur þannig hindrað eðlilegan flutning súrefnis til hinna ýmsu líkamshluta. Koleinoxíð myndast helst þegar eldur eða glóð er í rými þar sem loftræsting er lítil eða engin og því takmarkað framboð af súrefni. Dauðsföll hafa orðið af völdum glóandi grillkola sem fólk hefur tekið inn í sumarhús þar sem loftræsting er takmörkuð. Enn fremur ef bílar eru hafðir í gangi í lokuðu rými s.s. bílskúrum.

Mynd 4.16 gefur hugmynd um þá flóknu atburðarás sem á sér stað þegar kerti brennur.



Mynd 4.16 Myndin gefur hugmynd um hvað gerist þegar kerti brennur. Vaxsameindir berast upp kveikinn, gufa upp, dreifast út frá kveiknum og sundrast í frumeindir sínar, kolefni og vetni, sem tengjast svo súrefni andrúmsloftsins. Í kertaloga er frekar hægur bruni vegna þess að súrefnið er af skornum skammti. Þess vegna nær ekki allt kolefnið að brenna. Þetta afgang kolefni köllum við sót. Þegar sótagirnir hitna mikið verða þær gulglóandi. Þetta skýrir gula litinn í kertaloga. (Svört kúla = C, hvít kúla = H, rauð kúla = O)

Verkefni

Móðan sem kemur innan á glas sem hvolft er yfir kertaloga er í raun örsmáir vatnsdropar. Þeir myndast þegar vatnsgufan frá loganum þéttist á innra borði glassins.

12. Hvað merkir að vatnsgufan þéttist?
13. Ritaðu efnajöfnu sem lýsir þéttingu vatns?
14. Reynslan sýnir að móðan kemur fyrr fram og verður greinilegri þegar glasið er kalt, fremur en volgt. Hver gæti ástæðan verið fyrir þessu?

Athugun

Matarsódi og borðedik

1. Þú þarft litla gosflösku úr gleri, desflítramál, teskeið, blöðru, borðedik og matarsóda.
2. Settu eina teskeið af matarsóda í gosflösku. Helltu borðedik í blöðruna en gættu þess að fylla hana ekki alveg. Þræddu stút hennar yfir flöskustútinn (mynd 4.17). Lyftu blöðrunni þannig að ediksýran renni niður í flöskuna. Lýstu því sem þú sérð. Hefurðu skýringu? Hver er hún?



Mynd 4.17 Þegar blaðran er fest á stútinn þarf að gæta þess að edikið haldist í blöðrunni.

Tafla 4.2
Nokkur dæmi um sýrur

Rammar	Formúla
brennisteinssýra	H ₂ SO ₄
saltsýra	HCl
saltpéturssýra	HNO ₃
Daufar (lífrænar)	Formúla
ediksýra	CH ₃ COOH
maurasýra	HCOOH
sítrónusýra	C ₃ H ₄ (OH)(COOH) ₃



Mynd 4.18 Saltsýra og brennisteinssýra eru dæmi um sterkar sýrur, en ediksýra er dæmi um veika sýru. Brennisteinssýra er mikilvægt efni í nútíma iðnaði. Hún er m.a. notuð við framleiðslu áburðarefna, lyfja, sápa og málma. Saltsýra er mikið notuð til að hreinsa málma, í sykurframleiðslu og framleiðslu gervigúmmís og plastefna.

Sýrur

Öll vitum við að sítrónusafi er súr á bragðið. Ástæðan fyrir þessu súra bragði er sérstakt efni sem er að finna í sítrónusafa og heitir sítrónusýra. Í hreinu formi er sítrónusýra hvítt duft. Ef duftinu er bætt í vatn verður vatnið súrt á bragðið. Efni sem haga sér með þessum hætti kallast sýrur.

- Sýra er efni sem gerir vatn súrt.

Tafla 4.2 sýnir nokkur dæmi um sýrur. Sumar sýrur, til dæmis saltsýra, saltpéturssýra og brennisteinssýra, eru varasamar bæði fyrir heilsu og umhverfi. Þær eyða lifandi vef og geta þannig framkallað sár ef þær komast í snertingu við húð. Þær kallast einu nafni *rammar* sýrur. Aðrar sýrur eru ekki eins skæðar og kallast *daufar* sýrur. Margar daufar sýrur eru lífrænar, það er að segja kolefnissambönd. Þetta á til dæmis við um sítrónusýru og ediksýru, sem er mikið notuð til matargerðar og þá sem borðedik sem er blanda af ediksýru og vatni.

Af hverju verður vatn súrt þegar sýra kemur í það? Svarið er í stuttu máli að sýran klofnar í vatni og gefur þá frá sér H⁺ jónir:



Það eru sem sagt H⁺ jónirnar sem gera vatnið súrt.

Verkefni

15. Hver eftirfarandi efna gætu verið sýrur?
a) HF b) NaCl c) CaS d) H₃PO₄ e) O₂
Rökstyddu svar þitt.

Basar

Basar eru *andstæður* sýrna. Ef basi er settur í vatn verður vatnið ekki súrt heldur *basískt*. Hafir þú bragðað á venjulegri handsápu hefur þú hugmynd um hvað basískt bragð merkir.

Vítissódi er dæmi um basa. Í hreinu formi er þetta hvítt efni. Áður fyrr var vítissódi mikið notaður til að eyða stíflum í niðurfallsrörum í heimahúsum og selt í matvörubúðum. Þetta er mjög hættulegt efni og því hefur notkun þess mikið minnkað.

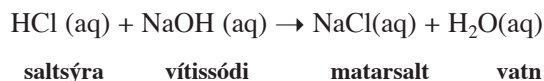
Formúla vítissóða er Na^+OH^- og heitir það natrínhýdroxíð á efnafræðimáli. Ef vítissóði er leystur í vatni verður vatnið basískt. Ástæðan er sú að vítissóði inniheldur hýdroxíðjónir sem losna og dreifast um vatnið þegar hann leysist upp:



- *Basi er efni sem gerir vatn basískt.*

Hlutleysing

Þegar saltsýru og vítissóða er blandað saman á sér stað eftirfarandi efnahvarf:



Þú sérð að bæði sýran og basinn eyðast. Í staðinn koma matarsalt og vatn.

- *Þegar sýra og basi blandast saman eyða þau hvort öðru og mynda salt og vatn. Þetta kallast hlutleysing.*



Mynd 4.19 Vítissóði var gjarnan notaður í heimahúsum áður fyrr til að losa stíflur í niðurfallsrörum og víða hafður til sölu, m.a. í matvörubúðum. Efnið er stórvarasamt, brennir húð og slímhimnur og ber að umgangast það með mikilli varúð.

Mynd 4.20 Hinn 21. nóvember 2001 kom upp eldur í flutningaskipi á ánni Rín í nágrenni borgarinnar Krefeld í Þýskalandi. Skipið var að flytja saltpéturssýru (HNO_3) þegar kviknaði í því með þeim afleiðingum að saltpéturssýra fór að leka út í ána. Þá myndaðist gastegund, niturdíoxíð (NO_2) sem greina má á myndinni sem brúnan reyk. Niturdíoxíð er varasamt efni, getur skaðað öndunarfæri fólks sem andar því að sér. Því var fólk í nágrenninu beðið að hafa varann á og loka gluggum hjá sér til að hindra að gasið bærst inn í híbýli þess. Hér er verið að sprauta basa yfir sýruna til að eyða henni.

Verkefni

16. $\text{HBr}(\text{aq})$ er sýra og $\text{KOH}(\text{aq})$ er basi. Skrifðu upp eftirfarandi efnajöfnu, ljúktu við hana og stilltu hana ef með þarf.



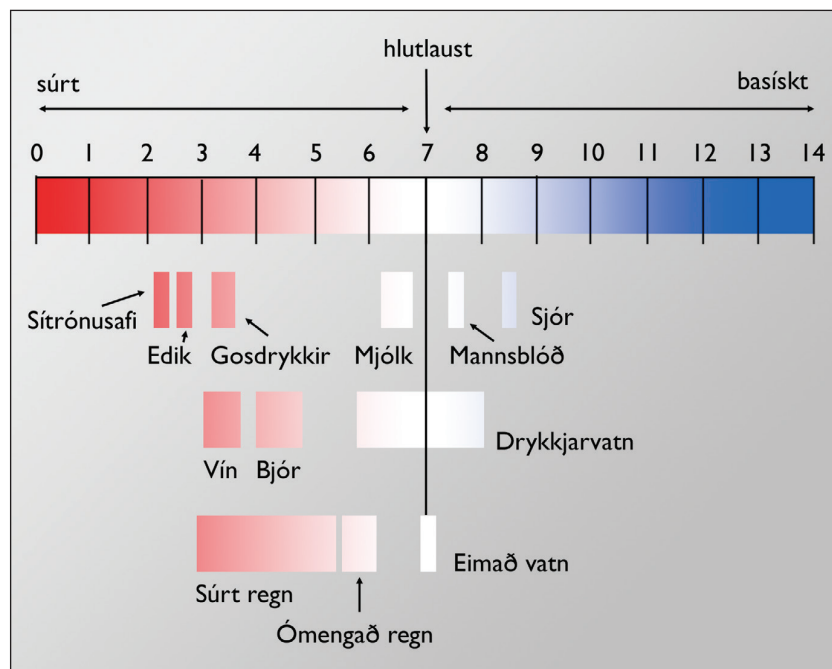
Sýrustig

Margir kannast við táknið pH. Það er stundum sett á umbúðir snyrtivara og þá sem nokkurs konar gæðastimpill. Þá er gefið til kynna að varan sé góð af því hún hafi sama eða svipað pH-gildi og húðin okkar. Hvað er verið að tala um? Hvað er pH?

Táknið pH tengist hugtökunum súrt, basískt og hlutlaust og kallast *sýrustig*. Oft er ekki nóg að vita að vökvi sé súr eða basískur heldur nauðsynlegt að fá úr því skorið hversu súr eða basískur hann er. Þetta á til dæmis við þegar verið er að rannsaka blóð- eða þvagsýni úr sjúklingi því sýrustig í slíkum sýnum getur gefið vísbendingar um ástand sjúklingsins. Hugsum okkur að niðurstaða úr slíkri mælingu sé $\text{pH} = 7,43$. Þetta væri þá sýrustig eða pH-gildi sýnisins.

Mælingar af þessu tagi grundvallast á svokölluðum pH-kvarða (mynd 4.21).

Mynd 4.21 Hér eru sýnd pH-gildi (sýrustig) ýmissa vökva. Litirnir eru í samræmi við líti á svokölluðum pH-borðum en það eru pappírsræmur með sérstökum litarefnum sem breyta lit eftir sýrustigi.

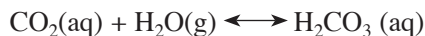


Með hliðsjón af kvarðanum sést að sýnið úr sjúklingnum okkar ($\text{pH} = 7,43$) er lítið eitt basískt því pH-gildið er aðeins hærra en 7. Ef sýrustigið hefði mælst lægra en 7 hefði það hins vegar verið úrskurðað súrt en hlutlaust ef útkoman hefði verið nákvæmlega 7.

Mynd 4.21 gefur hugmynd um sýrustig ýmissa algengra vökva. Gosdrykkir eru súrir vegna þess að áður en gosflösku er lokað er koltvíoxíði dælt í drykkinn. Þá gerist tvennt. Koltvíoxíðið leysist upp í vatninu



og hluti af þessu leysta koltvíoxíði hvarfast við vatnið og myndar með því kolsýru sem gerir gosdrykkinn súran.



koltvíoxíð vatn kolsýra

Taktu eftir því að hér eru notaðar tvíodda örvar. Þetta er gert til að undirstrika að efnabreytingarnar geta gengið til baka. Þegar koltvíoxíði er þrýst niður í gosflösku áður en henni er lokað gengur efnahvarfið til hægri. Þegar gosflaskan er opnuð léttir á þrýstingnum. Þá heyrir *hvið* og loftbólur streyma upp að yfirborðinu inni í flöskunni. Það stafar af því að efnabreytingarnar ganga nú til baka. Kolsýran eyðist og koltvíoxíð myndast og það losnar úr læðingi sem gas. Loftbólurnar eða gosið eru sem sagt koltvíoxíðbólur sem losna úr gosdrykkinum um leið og létt er á þrýstingnum.



Mynd 4.22 Þegar gosdrykkir eru framleiddir er koltvíoxíði þrýst í þá en það gerir drykkinn eilítið súran og gefur honum frískleika. Þegar flaskan er opnuð streymir koltvíoxíðið úr vökvanum og myndar loftbólur.

Athugun

Samanburður á samarin, matarsóða og hjartarsalti

Samarin er stundum notað gegn súrum maga (brjóstsviða).

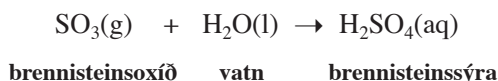
1. Fylltu glas til hálfis með köldu vatni. Bættu 1 tsk af samarin í vatnið og fylgstu vel með því sem þú sérð. Lýstu því í vinnubók.
2. Settu sprittkerti í glas. Bættu góðri botnfylli af köldu vatni í glasið. Gættu þess að vatnið fari ekki ofan á sprittkertið. Kveiktu á kertinu.
3. Bættu einni teskeið af samarin í vatnið umhverfis kertið. Lýstu því sem þú sérð og reyndu jafnframt að gefa skýringu á fyrirbærinu.
4. Endurtaktu nú athugun þína en notaðu matarsóða í staðinn og skráðu niðurstöður.
5. Gerðu það sama og áður en nú með hjartarsalti og skráðu niðurstöður.



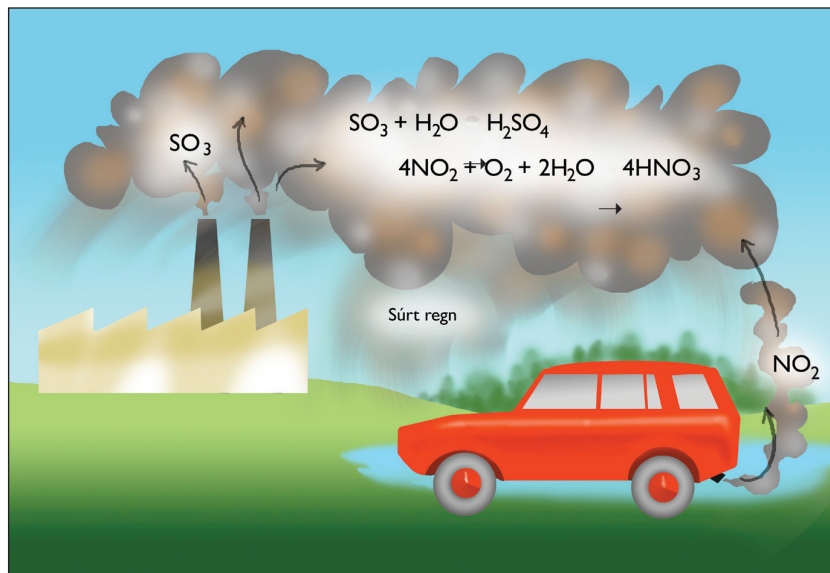
Mynd 4.23 Salt, matarsóði og hjartarsalt eru efni sem gjarnan eru notuð við matargerð og bakstur.

Súrt regn

Við sjáum af mynd 4.21 að regnvatn er oftast dálítið súrt. Þetta er vegna þess að vatn drekkur í sig koltvíoxíð úr andrúmsloftinu. Þá myndast kolsýra eins og áður hefur verið lýst með þeim afleiðingum að sýrustig vatnsins fellur, verður á bilinu pH 5 til 6. Í sumum tilvikum er regn mun súrara og kallast þá *súrt regn*. Súrt regn má rekja til efna sem berast frá verksmiðjum sem nota kol eða olíu sem orkugjafa. Kol og olía innihalda m.a. brennistein (S). Þegar kol eða olía brenna hvarfast brennisteinninn í þeim við súrefni í andrúmsloftinu og myndast þá svokölluð brennisteinsoxíð sem ganga í efnasamband við vatn og mynda með því brennisteinssýru:



Mynd 4.24 Regnvatn verður óvenju súrt vegna ákveðinna lofttegunda sem berast frá verksmiðjum og ökutækjum. Þessar lofttegundir eru aðallega nituroxíð og brennisteinsoxíð. Þegar þessar lofttegundir komast í snertingu við regndropa í háloftunum myndast sýrur (brennisteinssýra og saltpéturssýra) sem gera regnið mun súrara en það er frá náttúrunnar hendi, sbr. mynd 4.21 en þar sést að jafnvel ómengað vatn er alltaf örlítið súrt – vegna koldíoxíðs sem það drekkur í sig úr andrúmsloftinu.



Þetta getur gerst í vatnsdropum í háloftunum þar sem brennisteinsoxíð eru til staðar. Regndroparnir verða þá súrari en edlilegt getur talist.

Fiskar og ýmsar aðrar lífverur eru viðkvæmar fyrir sýrustigi. Það gefur því augaleið að súrt regn er ógn við lífríki vatna. Sums staðar, til dæmis í Noregi og Svíþjóð, hafa hundruð fiskivatna eyðilagst af brennisteinssúru regni sem rekja má mengunar frá verksmiðjum á Bretlandseyjum og Mið-Evrópu sem nota olíu eða kol sem orkugjafa. Súra regnið hefur þau áhrif að sýrustig vatnanna lækkar, jafnvel svo mikið að fiskar og aðrar lífverur fá ekki þrifist. Súrt regn veldur einnig dauða trjáa.

Samantekt

Í þessum kafla hefur verið fjallað um efnabreytingar; hamskipti, leysingar og efnahvörf. Við hamskipti og leysingar haldast sameindirnar óbreyttar. Þegar vatn gufar upp verður engin breyting á vatnssameindunum og þegar sykur er leystur í vatni dreifast sameindir hans um vatnið en breytast ekki sem slíkar. Við efnahvörf breytast hins vegar sameindir efna og þá verða til ný efni. Í öllum tilvikum varðveitast þó frumeindirnar, líka við efnahvörf, en þá eignast þær einfaldlega nýja förunauta. Þegar vatn er rafgreint hætta vetnis- og súrefnisfrumeindir að vera saman (í H_2O) en parast þess í stað innbyrðis sem H_2 og O_2 . Öllum efnabreytingum fylgja orkubreytingar. Þegar orkurík efni á borð við kertavax og bensín brenna losnar orka með þeim afleiðingum að umhverfið hitnar. Slíkar efnabreytingar kallast útvermar. Stundum snýst þetta við og efnabreytingin tekur orku úr umhverfinu. Þá kólnar umhverfið og efnabreytingin er sögð innvermin. Bráðnun íss er dæmi um innverma breytingu. Þegar klaki bráðnar í lófa manns kólnar lófinn. Að lokum var fjallað um sýrur og basa og pH. Fram kom að sýrur og basar eru efni með andstæða eiginleika og að þau eyða hvort öðru þegar þau koma saman. pH segir til um sýrustig vökva. Ef pH er lægra en 7 er vökvinn sagður súr en basískur ef pH er hærra en 7. Vökvi er sagður hlutlaus ef pH hans er 7.

Verkefni

17. Hugsum okkur að 3 grömm af efni A og 5 grömm af efni B hvarfist samkvæmt efnajöfnunni:



Hve mörg grömm ættu að myndast *samanlagt* af efnunum C og D ef ekkert fer til spillis?

18. Hvers konar efnabreyting á sér stað þegar:

- Búinn er til kakódrykkur úr kakódufti og vatni?
- Bíll ryðgar?
- Brauðsneið er ristud?
- Hellt er upp á kaffi?
- Ilmvatnsglas er skilið eftir opið í herbergi?
- Bensín brennur í bílvél?
- Sykri er bætt í kaffi?
- Vatn er rafgreint?

19. Skoðaðu eftirfarandi efnajöfnur. Tvær þeirra lýsa efnahvarfi. Hverjar?

- a) $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{NH}_3(\text{g})$
- b) $\text{NH}_3(\text{g}) \rightarrow \text{NH}_3(\text{l})$
- c) $\text{LiCl}(\text{s}) + \text{aq} \rightarrow \text{LiCl}(\text{aq})$
- d) $\text{CaO}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq})$

20. Stilltu eftirfarandi efnajöfnur:

- a) $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \text{O}_2$
- b) $\text{Na} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{NaCl}$
- c) $\text{Ca} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CaO}$
- d) $\text{Al} + \text{F}_2 \rightarrow \text{AlF}_3$
- e) $\text{MgO} + \text{Si} \rightarrow \text{Mg} + \text{SiO}_2$
- f) $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

21. Skoðaðu línurit in á myndum 4.9 og 4.10.

- a) Hver er leysni kalínklóríðs (KCl) við 100 °C? En við 20 °C?
- b) Hver er leysni súrefnis í vatni við 10 °C annars vegar og 50 °C hins vegar?
- c) Hugsum okkur að 1000 g af 60 °C vatni sem er mettað kalínnítrati (KNO_3) sé kælt niður í 20 °C. Hve mörg grömm af kalínnítrati ættu að falla út við þessa kælingu?

22. Mælingar á sýrustigi nokkurra vökva gáfu eftirfarandi niðurstöður:

Sýni	pH
blóð	7,4
munnavatn	6,8
gosdrykkur	3,5
sápulausn	9,0
edik	2,5
magasafi	1,8

- a) Hvaða sýni er súrast?
- b) Hvaða sýni er basískast?
- c) Hvað sýni kemst næst því að vera hlutlaust?

Þrautir

1. Kertalogi er aðallega gulur en logi á gasgrilli yfirleitt blár. Af hverju stafar þessi munur að þínu mati?
2. Mörg fiskivötn í löndum Evrópu hafa orðið mjög súr af völdum súrs regns. Hvernig mætti hugsanlega bæta úr þessu?
3. Fæða sem líkami okkar brennir er að miklu leyti úr kolefni (C) og vetni (H). Hvaða efni eru líklegust til að myndast við bruna fæðunnar miðað við þessar upplýsingar.
4. Hlutfall koltvíoxíðs (CO_2) í andrúmslofti er um 0,04%. Í lofti sem maðurinn andar frá sér er þetta hlutfall mun hærra eða um 4%. Hver skyldi ástæðan vera?
5. Í útblásturslofti bíla er jafnan talsvert af nituroxíðum, einkum NO og NO_2 . Í bensíni er hins vegar ekki nitur. Hvernig má skýra tilvist nituroxíða í útblæstri bíla?
6. Matarsóði (NaHCO_3) er gjarnan notaður í bakstur og þá sem lyftiduft. Lyftieiginleikinn stafar af því að efnið sundrast við upphitun í fast natrínkarbónat (Na_2CO_3), vatnsgufu og koltvíoxíð.
 - a) Ritaðu stillta efnajöfnu fyrir hvarfið.
 - b) Hvað er átt við með því að matarsóði verki sem lyftiduft og hvernig gerist þetta?
7. Þegar saltsýru og vítissóða er blandað saman verður til saltvatn. Hvernig má útskýra þetta á efnafræðilegan hátt?

Atriðisorð

alkalímálmur	40	loftþrýstingur	15
basi	70	lota	40
bræðslumark	14	lotukerfið	39
Dalton	21	málmur	41
Demókrítos	20	málmblanda	45
eðalgastegund	40	málmleysingi	41
eðalmálmur	43	Mendeleev	39
efnablanda	7, 10, 26	mettuð lausn	58
efnabreyting	16, 51	mínusjón	32
efnahvarf	16, 59	nifteind	29
efnajafna	13, 62	orkuþröskuldur	65
efnasamband	8, 9, 11, 25	ómettuð lausn	58
eiming	7	parsameind	61
flokkur	40	plúsjón	32
formúla	11	rafeind	29
frumefni	8, 25	rauðablástur	45
frumeind	20, 24	róteind	29
frumeindakenningin	21, 23	ryð	33
frumeindamassi	30	sameind	23, 24
gervifrumefni	44	sameindamassi	30
halógen	40	samsett jón	36
hamskipti	12, 27, 54	steinefni	35
hálfmálmur	41	stilling efnajöfnu	62
hlutleysing	71	suðumark	14
hreint efni	8	súrál	34
hvarfgirni	42	súrt regn	74
innvermin efnabreyting	67	sýra	70
jarðalkalímálmur	40	sýrustig	72
jónir	32	sætistala	31
Lavoasier	8	salt	32
leysing	16, 55	tákn frumefna	9
leysir	55	tengigeta	46
leysni	57	útvermin efnabreyting	67
lífrænt efni	46	varðveisla massa	51
lífrænt gerviefni	47	öreind	29

Rétthafar ljósmynda

© Ljósmyndir 2005:

ADF: 4.20

Alcan á Íslandi: 1.7 og 2.24

Íslensk nýorka: 4.13 og 4.14

Myndasafn Morgunblaðsins: 1.11

Námshagnastofnun/Hilmar Eberhardtsson: 1.9, 2.2, 2.13, 2.26, 3.3, 3.5,
3.11, 3.12, 3.15, 3.16, 4.3 og 4.19

Rafn Steingrímsson: 1.1, 1.8, 2.22, 2.27, 3.6, 3.10, 4.18 og 4.23

Science Photo Library: 1.6, 2.17, 3.4, 3.7, 3.9, 4.11 og 4.22

Veðurstofa Íslands: 1.13

Ullstein Bild: 1.5 og 2.3

VIII (18)

Diagram illustrating the components of a person's profile (Re) and their associated attributes:

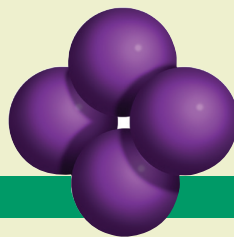
- Frumeindamassi (í u)**: 186,2
- Sætistala**: 75
- Málmur**: Light blue square
- Hálfmálmur**: Light green square
- Málmleysingi**: Yellow square
- Heiti frumefnis**: Renín
- Tákn frumefnis**:
 - Fast efni: Black square
 - Gastegund: Red square
 - Vökvi: Blue square

273	Massatala
110	stöðugustu samsætunnar
	Geislavirkt frumefni
118 ms	Helmingtonartími stöðugustu samsætunnar

Aktiníðar

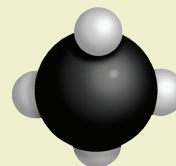
138,9 57 La	140,1 58 Ce	140,9 59 Pr	144,2 60 Nd	145 61 Pm 18 a	150,4 62 Sm	152,0 63 Eu	157,3 64 Gd	158,9 65 Tb	162,5 66 Dy	164,9 67 Ho	167,3 68 Er	168,9 69 Tm	173,0 70 Yb	175,0 71 Lu
Lantan	Serín	Praseódým	Neodým	Prómeþýn	Samarín	Evrópín	Gadólín	Terbín	Dysprósín	Holmín	Erbín	Túlín	Ytterbín	Lútesín
227 89 Ac 22 a Aktín	232 90 Th 1,4·10¹⁰ a Þórín	231 91 Pa 3,3·10⁴ a Prótakín	238 92 U 4,5·10⁹ a Úran	237 93 Np 2,1·10⁶ a Neptún	244 94 Pu 1,4·10⁸ a Plúton	243 95 Am 7400 a Amerikín	247 96 Cm 1,6·10⁷ a Kúrín	247 97 Bk 1400 a Berkelín	251 98 Cf 900 a Kalifornín	252 99 Es 472 d Einsteinín	257 100 Fm 101 d Fermín	258 101 Md 52 d Mendelevín	259 102 No 58 min Nóbelín	262 103 Lr 3,6 h Lárensín

EFNISHEIMURINN



Efnisheimurinn er námsbók í efnafræði sem er ætluð efstu bekkjum grunnskólans. Hún fjallar um helstu flokka efna, frumeindir og sameindir, efnabreytingar og lotukerfið. Í bókinni er fjöldi einfaldra athugana sem flestar er hægt að gera með áhöldum og efnum úr eldhúsinu heima. Auk þess að þjóna markmiðum aðalnámskrár í náttúrufræðum er helsti tilgangur bókarinnar að efla skilning nemenda á hlutum og fyrirbærum daglegs lífs.

Á vef Menntamálastofnunar www.mms.is eru kennsluleiðbeiningar, viðbótarverkefni, svör við verkefnum og ítarefni.



m MENNTAMÁLASTOFNUN
40103

