

# EDLISFRÆÐI 1



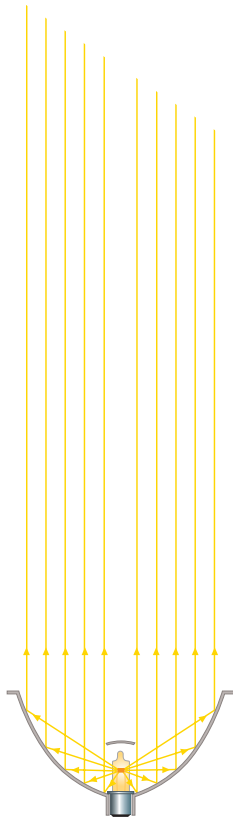
LITRÓF NÁTTÚRUNNAR

Lennart Undvall  
Anders Karlsson



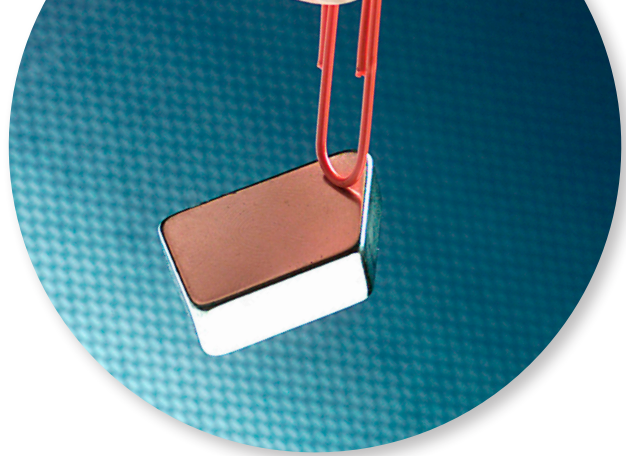
LITRÓF NÁTTÚRUNNAR →

# EDLISFRÆÐI 1



Hálfván Ómar Hálfvánarson  
þýddi og staðfærði

Lennart Undvall  
Anders Karlsson



## Eðlisfræði 1

ISBN 978-9979-0-1787-5

© 2013 Lennart Undvall, Anders Karlsson og Liber AB.

Heiti á frummálinu: Spektrum Fysik

ISBN 978-91-47-08596-5

© 2014 skýringamyndir: Liber AB

© 2014 teikningar á bls. 13 og 33: Typoform/Anders Nyberg

© 2014 íslensk þýðing og staðfæring: Hálfán Ómar Hálfánarson

Ritstjóri: Tryggvi Jakobsson

Leitað var til tveggja kennara um mat á sænska efninu, þeirra Kristjönu Jónsdóttur

og Sigurðar Jessen. Gefu þau því jákvæða umsögn

Faglegur yfirllestur: Leó Kristjánsson, Ragnar Þór Pétursson, Atli Ingólfsson

og Einar Sveinbjörnsson

Málfarsyfirllestur: Ingólfur Steinsson og Þorgrímur Gestsson

1. útgáfa 2014

önnur prentun 2016

Menntamálastofnun

Kópavogi

Skrá yfir rétthafa myndefnis er aftast í bókinni.

Bók þessa má ekki afrita með neinum hætti, svo sem með ljósmyndun, prentun, hjóðritun eða á annan sambærilegan hátt, að hluta eða í heild, án skriflegs leyfis þýðanda og útgefanda.

Umbrot: Lotta Rennéus, Patrik Sundström / Námsgagnastofnun

Prentun: Prenttækni ehf. - umhverfissvottuð prentsmiðja

# Formáli

---

Þessi bók er ein þriggja í flokki eðlisfræðibóka fyrir unglíngastig grunnskóla, sem eru þýddar og staðfærðar úr sænsku. Heiti sænska flokksins er *Spektrum*, sem á íslensku hefur fengið nafnið *Litróf náttúrunnar*. Áður hafa komið út þrjár líffræðibækur úr sama flokki. Þetta eðlisfræðiefni kom allt út í nýrri, endurskoðaðri útgáfu í Svíþjóð árið 2013.

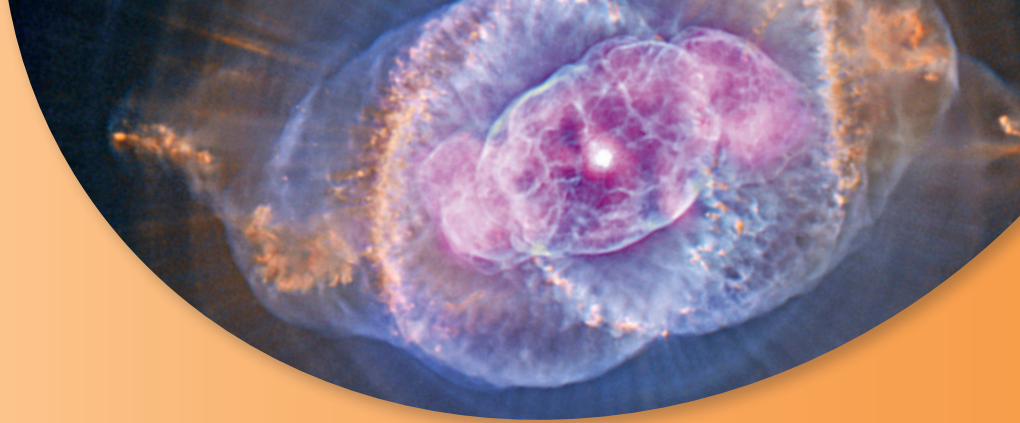
Þessi bók skiptist í fjóra meginkafla sem hver um sig skiptist í undirkafla. Þeir eru: Rafmagn, Hljóð, Varmi og veður og Ljós. Hver kafla hefst á opnu með stuttum inngangi og myndum, markmiðum kaflans og nánara efnisyfirliti. Í sérstökum rammaklausum er ítarefni af ýmsum toga, m.a. úr sögu vísindanna og í lok hvers undirkafla eru sjálfspóf úr efni kaflans, ásamt nokkrum grunnhugtökum. Í hverjum meginkafla eru einnig síður eða opnur sem kallast í brennidepli og fjalla um ýmis viðfangsefni samtímans sem tengjast efni kaflans. Hverjum meginkafla lýkur svo með Samantekt og spurningum og verkefnum úr efninu, undir heitinu Lokahnykkurinn.

Við val á þessu efni voru áherslur og markmið aðalnámskrár grunnskóla höfð að leiðarljósi, m.a. um grunnþætti menntunar. Efnið getur hentað vel til að efla vísindalæsi meðal nemenda og leggur áherslu á að þekking á eðlisfræði skiptir máli varðandi þróun samfélagsins, til dæmis hvað varðar orku og orkuöflun, fjarskiptatækni og tækni í vísindum jafnt sem listum. Með þekkingu á eðlisfræði fá nemendur möguleika á að velta fyrir sér ýmsum staðhæfingum og sjónarmiðum á gagnrýninn hátt, hvort sem umfjöllunarefnið er orka og orkuöflun, geislun eða hávaði á vinnustað, svo einhver dæmi séu tekin. Orkuhugtakið gengur sem rauður þráður í gegnum efni allra þriggja bókana.

Fyrirhugað er að síðari bækurnar tvær komi út á árinu 2015, ásamt kennsluleiðbeiningum. Efnið verður allt gefið út á hljóðbók. Þýðandanum, Hálfðan Ómari, yfirlesurum og öðrum sem að þessu verki hafa komið eru færðar bestu þakkir fyrir samstarfið.

Ritstjóri





## Lestrarráð!

### Kæri nemandi!

Allir námsmenn þurfa að temja sér góðar námsvenjur. Hér eru góð ráð sem gætu hjálpað þér við lestur.

### Áður en þú byrjar

- Skoðaðu bókina vel, myndir, kort og gröf.
- Lestu efnisyfirlit og kaflaheiti.
- Um hvað fjallar bókin?
- Hvað veist þú um efnið?

### Á meðan þú lest

- Finndu aðalatriðin.
- Skrifðu hjá þér minnispunkta.
- Gott er að gera skýringarmyndir eða hugarkort.
- Spurðu um það sem þú skilur ekki, t.d. orð og orðasambönd.

### Eftir lesturinn

- Rifjaðu upp það sem þú last.
- Veltu fyrir þér hvað eru aðalatriði og hvaða atriði skipta minna máli.
- Hugsaðu um það sem þú hefur lært og tengdu við það sem þú vissir áður.
- Reyndu að endursegja textann með eigin orðum.

# Efnisyfirlit

1

## Rafmagn 6

- 1.1 Raffleðsla 8
- 1.2 Spenna og straumur 14
- Í BRENNIDEPLI 20
- Sívaxandi raftækjaúrgangur
- 1.3 Straumrásir 22
- 1.4 Viðnám gegn rafstraumi 27
- 1.5 Gætið að rafmagnsörygginu 30
- 1.6 Raforka 35

2

## Hljóð 40

- 2.1 Hvað er hljóð? 42
- 2.2 Tónar og tónlist 48
- 2.3 Hljóð til góðs og ills 53
- Í BRENNIDEPLI 59
- Er lífshættulegt að nota heyrnartól í umferðinni?



3


## Varmi og veður 64

- 3.1 Massi, rúmmál og eðlismassi 66
- 3.2 Varmi hefur áhrif á eðlismassann 69
- 3.3 Varmi flyst á þrjá mismunandi vegu 75
- 3.4 Veður og vindar 81
- Í BRENNIDEPLI 86
- Eru loftslagsbreytingar staðreynd?
- 3.5 Varmaorka 91

4

## Ljós 96

- 4.1 Útbreiðsla ljóss og endurkast þess 98
- 4.2 Ljósbrott 104
- 4.3 Sjóntæki 110
- 4.4 Ljós og litir 115
- Í BRENNIDEPLI 118
- Ljósleiðarar fyrir alla?
- 4.5 Geislunarorka og efnaorka 127




Hvers vegna slær eldingum oft niður í háar byggingar?


# 1 RAFMAGN

## Strumur rafeinda

Prumur og eldingar eru raffræðilegt fyrirbæri en það er þó ekkert mjög langt síðan vísindamenn áttuðu sig á eðli þess. Það þarf þó kannski ekki að þykja svo undarlegt þar eð eðli rafmagnsins hefur ekki verið þekkt nema í rúm 150 ár. Nú eru nánast allir þættir í daglegu lífi okkar háðir rafmagni. Við verðum hins vegar að finna nýjar aðferðir til þess að framleiða rafmagn á þann hátt sem skaðar ekki reikistjörnuna okkar. Við þurfum enn fremur að smíða betri vélar sem nota minna rafmagn en þær eldri en eru okkur jafngagnlegar eða enn gagnlegri en eldri gerðirnar. Hvernig sem á það er litíð má ætla að þekking okkar á rafmagni muni í framtíðinni skipta meira máli en þekking á flestum öðrum sviðum.



Hvað gerist ef þú skrúfar peru úr jólatræsseríu?  
Hvers vegna gerist það?



Raftækjum fjölgar stöðugt og stóriðja krefst mikillar raforku. Hvernig leysum við þann vanda sem skapast vegna sívaxandi þarfar fyrir rafmagn?

### Í ÞESSUM KAFLA LÆRIR ÞÚ

- hvernig rannsóknir á rafhleðslum lögðu grunninn að þeirri þekkingu á rafmagni sem við höfum nú um rafspennu, rafstraum og viðnám
- hvernig við teiknum rafrásir og tengjum þær og notum í daglegu lífi okkar
- hvernig við umgöngumst rafmagn á öruggan hátt og hvernig við getum komið í veg fyrir að óhópp verði
- hvernig við getum breytt raforku úr einu orkuformi í önnur
- hvernig fyrri uppgötvanir og uppgötvanir nútímans á sviði rafmagns hafa haft áhrif á samfélagið, umhverfið og lífnaðarhætti manna

### EFNI KAFLANS

- 1.1 Raffhleðsla
  - 1.2 Spenna og straumur
- Í BRENNIDEPLI
- Sívaxandi raftækjaúrgangur
- 1.3 Straumrásir
  - 1.4 Viðnám gegn rafstraumi
  - 1.5 Gætið að rafmagnsörygginu
  - 1.6 Raforka



## 1.1 Rafhleðsla

Þrumuveður hafa bæði heillað menn og hrætt úr þeim líftóruna frá örófi alda. Það var þó ekki fyrr en um miðja átjándu öld sem menn gátu útskýrt tengslin milli eldinga og rafmagns. Um hundrað árum síðar hafði vísindamönnum tekist að beisla rafmagnið þannig að nýta mátti það í þágu okkar. Nú sjáum við árangurinn hvert sem við lítum: ísskápar, þvottavélar, símar, sjónvörp, tölvur, brauðristar og fjölmargir aðrir hlutir sem eru knúnir rafmagni. En rafmagnið sjálft er þó alls ekki sýnilegt. Rafeindirnar eru einfaldlega svo smáar að við sjáum þær ekki. Þær sjást ekki einu sinni í heimsins öflugustu smásjám.



Eldingar eru eitt mikilfenglegasta sjónarspil náttúrunnar. Á myndinni sjást eldingar sem leiftra vegna rafhleðslna sem mynduðust í gosmekki Eyjafjallajökuls árið 2010.

á löngu þar til fjölmargir vísindamenn unnu að tilraunum til að beisla þetta óútreiknanlega fyrirbæri. Þetta mikla starf skilaði árangri að lokum. Í lok nítjándu aldar hafði flestum þáttum í eðli rafmagnsins, sem eru okkur kunnir nú, verið lýst og þeir útskýrðir til hlítar. Við skulum þó byrja með því að lýsa nokkrum einföldum tilraunum.

### Þrumur og eldingar

Mikið þrumuveður með leiftrandi eldingum og háværum, drynjandi þrumum getur tekið á taugarnar. En hvernig verða eldingarnar eiginlega til?

Þessi spurning hefur brunnið á vörum manna frá örófi alda. Árið 1752 hóf Bandaríkjamaðurinn *Benjamin Franklin* að gera tilraunir til þess að finna svarið. Honum tókst að fanga eldingu og láta henni slá niður í jörðina með því að fljúga flugdrekka í þrumuveðri. Ekki þarf að taka það fram að tilraunin setti hann í mikla lífshættu. Á nítjándu öld urðu æ fleiri hugfangnir af rafmagninu og ekki leið

## Stöðurafmagn

Skyndilega stendur allt hárið út í loftið! Þegar þú greiðir eða burstar hárið brakar og smellur í því og hárin dragast að greiðunni eða hárburstanum. Það er eins og hárið hafi öðlast eigið líf. Þú heyrir líka brakandi hljóð og sérð jafnvel neista fljúga. Það sama getur komið fyrir þig þegar þú klæðir þig úr peysu í þurru og köldu veðri eða ef þú nuddar blöðru við hárið. Það sem myndast þá heitir *stöðurafmagn*. En af hverju stafar það? Til að geta útskýrt hvað stöðurafmagn er þurfum við fyrst að kíkja inn í *frumeind* og sjá hvernig hún er byggð upp.

### Í frumeindum eru hlaðnar eindir

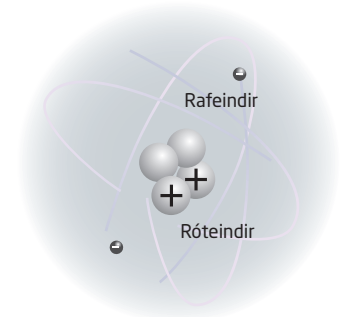
Í hverri frumeind er *kjarni*. Umhverfis kjarnann sveima eindir sem kallast *rafeindir*. Bæði kjarninn og rafeindirnar eru rafhlaðnar. *Rafhleðslan* er tvenns konar: neikvæð hleðsla og jákvæð hleðsla.

Í kjarna frumeindar eru jákvætt hlaðnar eindir er kallast *róteindir* og óhlaðnar eindir sem nefnast *nifteindir*. Róteindirnar valda því að kjarninn verður jákvætt hlaðinn en rafeindirnar eru hins vegar neikvætt hlaðnar.

Í hverri frumeind eru jafnmargar róteindir og rafeindir. Fjöldi jákvæðu rafhleðslanna er þess vegna sá sami og fjöldi neikvæðu hleðslanna. Frumeindin verður þess vegna í heild óhlaðin. Frumeindir eru því sagðar *hlutlausar*. Mismunandi frumeindir halda hins vegar misjafnlega fast í rafeindir sínar. Það merkir að sumar frumeindir láta frá sér rafeindir og aðrar frumeindir toga til sín rafeindir.



Hefur þú lent í þessu? Þú hefur örugglega heyrt talað um stöðurafmagn. En hvað er það eiginlega?



Í frumeind er jákvætt hlaðinn kjarni. Umhverfis hann sveima neikvætt hlaðnar rafeindir.

## SAGNERÆÐI

### TVENNS KONAR RAFMAGN

Í byrjun 18. aldar trúðu menn því að til væru tvær mismunandi gerðir af rafmagn. Menn töldu að önnur gerð rafmagnsins skapaði aðdráttarkraft en að hin væri fráhrindandi. Nú segjum við hins vegar að rafhleðslur geti annars vegar verið jákvæðar og hins vegar neikvæðar. Orðið rafmagn er tengt rafi, sem er steingerð trjákvöða úr barrtrjám. Raf verður rafmagnað við núning. Tilgangurinn með því að tala um jákvæða og neikvæða rafhleðslu er sá að þannig getum við lýst tveimur andstæðum eiginleikum, svipað og við tölum um heitt og kalt. Ef við leggjum eiginleikana saman upphefja þeir hvor annan. Þannig verka þessi fyrirbæri einnig í náttúrunni. Jákvæðar og neikvæðar rafhleðslur upphefja hvorar aðrar. Jákvæð rafhleðsla hlutleysir þá neikvæðu og öfugt.



Pegar þú greiðir þér færast rafeindir frá hárinu og yfir í greiðuna. Sameindirnar í greiðunni toga til sín rafeindir frá sameindum í hárinu.



### Rafhleðslur verka hver á aðra

Pegar þú greiðir hárið með plastgreiðu færast hluti rafeindanna frá hárinu og yfir í greiðuna. Greiðan er þá komin með umframfjölda rafeinda en hárið skortir rafeindir. Greiðan verður því *neikvætt hlaðin* og hárið í heild er *jákvætt hlaðið*.

Hið sama á sér stað ef þú nuddar uppblásinni blöðru við hárið. Hluti rafeindanna færast þá frá hárinu og yfir á blöðruna. Hún verður neikvætt hlaðin og hárið fær jákvæða hleðslu.

Pegar hlutum úr ólíkum efnum er núíð saman færast rafeindir milli hlutanna. Ef hlutum úr tilteknum efnum er nuddað saman færast svo margar rafeindir á milli hlutanna að við tökum eftir því. Rafhlaðnir hlutir verka nefnilega hver á annan. Sams konar rafhleðslur hrinda hver annarri frá sér. Ólíkar rafhleðslur dragast hver að annarri.

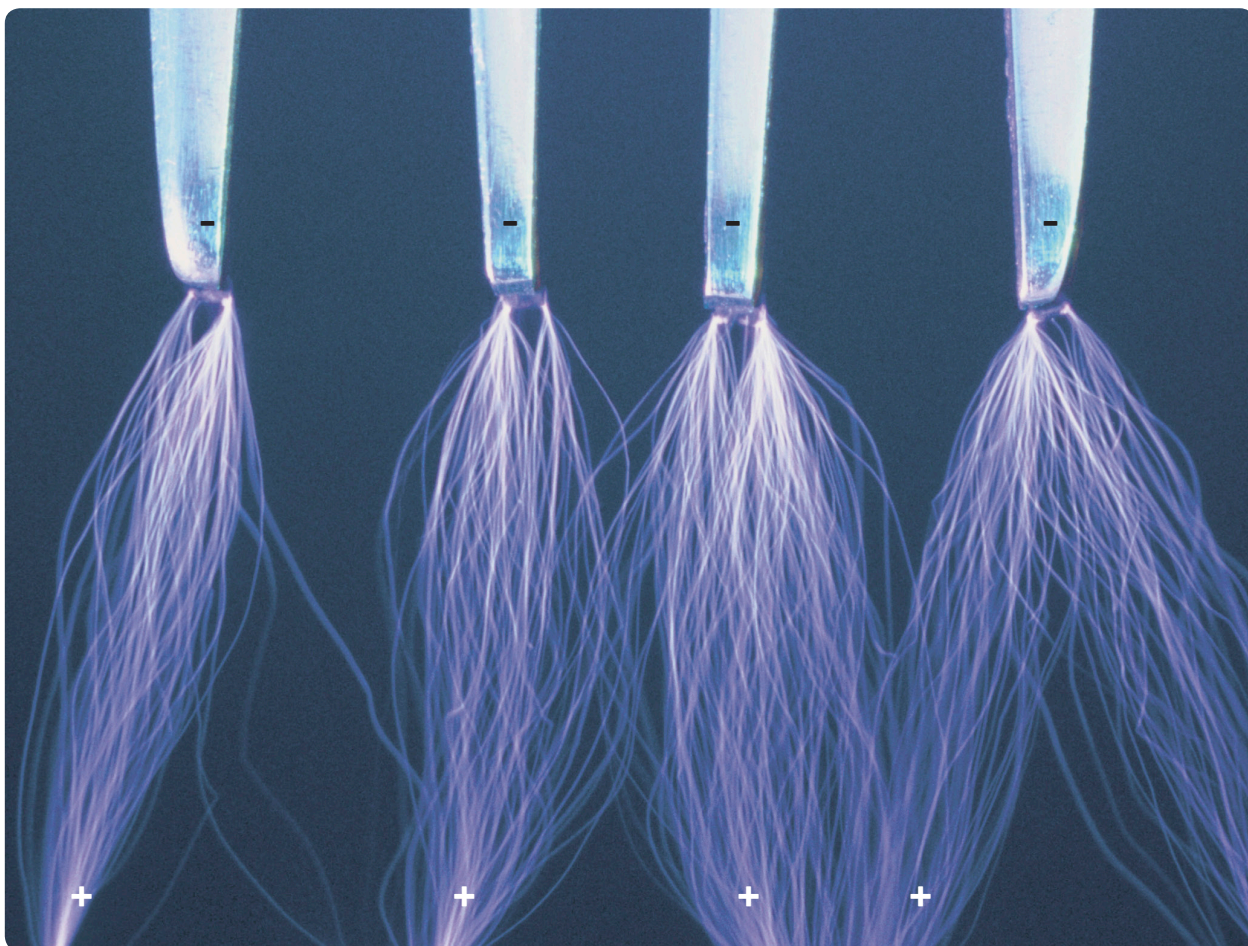
Út frá þessari vitneskju getum við útskýrt það hvers vegna hárin dragast að greiðunni. Þar eð greiðan er neikvætt hlaðin og hárin eru jákvætt hlaðin dragast þau hvor að öðru. En stundum stendur hárið beint út í loftið og það þótt greiðan hafi verið fjarlægð. Hvað veldur því? Skýringin er sú að hvert og eitt hár er orðið jákvætt hlaðið og þar eð þau bera öll sams konar hleðslu leitast þau við að vera eins langt hvert frá öðru og mögulegt er. Þau hrinda hvert öðru frá sér.

## Rafhleðslur hafa tilhneigingu til að jafnast út í náttúrunni

Hárgreiða, sem er neikvætt hlaðin, hefur fengið umframfjölda rafeinda. Hárin, sem hafa á hinn bóginn misst rafeindir, eru hins vegar jákvætt hlaðin. Ástæðan fyrir því að hárin dragast að greiðunni er sú að mismunandi rafhleðslur leitast við að jafnast út, einnig mismunandi rafhleðslur í hárinu og greiðunni.

Ef munurinn á rafhleðslunum er nægilega mikill má jafnvel sjá lítinn *neista* hlaupa milli hársins og greiðunnar. Það sem gerist er að rafeindirnar „stökkva“ aftur til baka frá greiðunni og yfir í hárið. Það er einmitt þetta sem gerist þegar einhver hrópar – ég fékk stuð!

Í náttúrunni jafnast mismunandi rafhleðslur út. Þess vegna hlaupa rafeindir frá neikvætt hlaðinni greiðunni og aftur til baka í jákvætt hlaðin hárin. Við færsluna myndast sjáanlegur neisti.





Þegar nægilega mikill munur verður á rafhleðslum hlaupa rafeindir frá skýi og niður til jarðar - eldingu slær niður.



Elding fer ávallt stystu leiðina þegar henni slær niður.

### Þrumuveður er raffræðilegt fyrirbæri

Dökk og drungaleg ský eru venjulega undanfari rigningar og stundum þrumuveðurs. En hvaða eiginleika hafa þessi dimmu ský til að bera sem valda því að þrumuveður skella á? Við vitum að eldingar verða þegar mismunandi hleðslur leitast við að jafna hver aðra út. Það er einmitt það sem á sér stað í þrumuskýjum. Neðri hluti þrumuskýs verður oft neikvætt hlaðinn og efri hluti skýsins jákvætt hlaðinn. Fjölmargar kenningar hafa verið settar fram til að skýra hvers vegna þessar ólíku hleðslur myndast en engum hefur tekist að skýra það á óyggjandi hátt. Þegar munurinn á rafhleðslunum verður nægilega mikill hlaupa rafeindir frá neðri hluta þrumuskýsins og upp í efri hlutann og viti menn – *elding* myndast.

Flestar eldingar verða innan skýs eða milli skýja. Stundum gerist það þó að neikvæðu rafhleðslurnar í neðanverðu skýi hlaupa niður til jarðar. Yfirborð jarðar, undir skýinu, er þá jákvætt hlaðið. Ef munurinn á rafhleðslunum í skýinu og niðri á jörðinni verður nægilega mikill slær eldingunni niður í jörð.

## Hvernig tryggjum við öryggi okkar í þrumuveðri?

Eldingar eru lífshættuleg fyrirbæri. Því er mikilvægt að vita hvernig við getum varið okkur ef eldingu slær niður. Elding fer ávallt stystu leið til jarðar og þess vegna er ekki ráðlegt að leita skjóls undir háu tré eða vera úti á vatni þegar þrumuveður gengur yfir. Einfaldast er að forðast að vera þar sem land rís hæst.

Hins vegar er maður öruggur inni í bíl þótt eldingar leiftri. Það byggist þó ekki á því að bíllinn stendur á gúmmihjólum, eins og margir halda. Það er málmyfirbygging bílsins er virkar sem verndandi umgjörð þegar eldingu slær niður.

Menn setja svokallaða *eldingarvara* á háar byggingar til þess að verja þær gegn eldingum. Eldingavariinn er úr málmi sem leiðir vel rafmagn og er yfirleitt komið fyrir á þaki húsa. Efsti hluti eldingavaranum er ofar en efsti hluti hússins og verður þannig hæsti punktur byggingarinnar. Frá eldingavaranum liggur gildur koparþráður utan á byggingunni og hann tengist koparplötu sem er grafin í jörð. Ef eldingu slær niður leiðir koparþráðurinn rafeindirnar rakleiðis niður í jörðina.



Sjaldgæft er að menn verði fyrir eldingum á Íslandi. Sumir eru heppnir og sleppa lífandi með skrekkin.

## SÍALFSPRÓF UR 1.1

### ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

• rafhleðsla • rafeind • róteind • elding • eldingavari

- Hvaða eindir eru í frumeind og hvers konar rafhleðslu hafa þessar eindir?
- Hvers konar rafhleðslu fær sá hlutur sem:
  - hefur of margar rafeindir?
  - vantar rafeindir?
- Hvers vegna er frumeind í heild óhlaðin?
- Hvað gerist ef tveir hlutir koma nærri hvor öðrum og þeir hafa:
  - sams konar rafhleðslu?
  - mismunandi rafhleðslu?
- Nefndu dæmi um stað sem er öruggur ef þrumuveður gengur yfir.
- Hvers vegna ættir þú að forðast að vera úti á vatni í þrumuveðri?
- Hvernig virkar eldingavari?
- Þú nuddar uppblásinni blöðru við hárið á þér. Bæði blaðran og hárið verða rafhlaðin. Útskýrðu það sem gerist.
- Útskýrðu það sem gerist þegar þrumur og eldingar verða.
- Pegar þú klæðir þig úr peysu geta smáneistar myndast og þú heyrir brakandi hjóð. Á hverju byggist þetta?

## Spenna og straumur

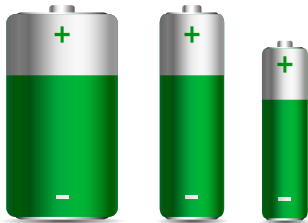


Nú getum við fengið rafmagn úr vegg tenglum í öllum herbergjum í húsum okkar. Þrátt fyrir það notum við sífellt meira af rafhlöðum. Rafhlöðurnar eru meðal annars í leiktækjum og klukkum, farsímum og tölvum. Í rafhlöðunum, einkum hleðslurafhlöðum, eru hins vegar efni sem eru skaðleg fyrir umhverfið. Þrátt fyrir þetta kastar fólk rafhlöðunum með heimilissorpinu. Skilar þú gömlum og ónýtum rafhlöðum og raftækjum til endurvinnslustöðvar?

### Þjóðfélagið lamast ef rafmagnið fer af

Fyrir 200 árum hafði fólk alls ekkert *rafmagn*. Einu rafmagnsfyrirbærin í lífi fólks voru eldingar og stöðu-rafmagn. Hver er svo staðan nú? Við getum ekki með nokkru móti hugsað okkur líf án rafmagns. Hvernig litist þér á ef ljósin, ísskápurnin, brauðristin, vasareiknirinn, farsíminn og tölvurnar virkuðu ekki? Listinn yfir tæki sem ganga fyrir rafmagni er óendanlega langur. Þróunin, sem hefur átt sér stað á 20. öldinni, er ótrúleg og hún hefur gjörbreytt lífi okkar og aukið lífsgæðin.

Á hverju ári fellur til sífellt meira magn af ónýtum rafeinda- og rafmagnstækjum. Í öllum slíkum tækjum eru efni sem geta verið skaðleg fyrir náttúruna.



Litli hnappurinn efst á rafhlöðunum er plússkautið en hinn endinn er mínusskautið.

### Hvað er rafspenna?

Hvernig virka allar þessar vélar og tæki eiginlega? Við skulum líta nánar á einfalt vasaljós sem gengur fyrir *rafhlöðu*.

Á öllum rafhlöðum eru tvö skaut – *jákvætt skaut* (plússkaut) og *neikvætt skaut* (mínusskaut). Við neikvæða skautið er umframfjöldi rafeinda en við jákvæða skautið er skortur á rafeindum. Rafmagnið byggist á því að rafeindirnar eru ekki jafnmargar við bæði skautin. *Rafspenna* er mælikvarði á þá orku sem losnar þegar hlaðnar eindir fara frá einum stað til annars.

Ef munur er á rafhleðslu tveggja hluta leitast hann við að jafnast út. Það er einmitt það sem veldur því að vasaljósið lýsir. Um leið og kveikt er á vasaljósinu geta rafeindir neikvæða skautsins streymt gegnum glóþráð perunnar til jákvæða skautsins.

## Hvað er rafstraumur?

Í rafhlöðu er neikvæða skautið algerlega einangrað frá jákvæða skautinu. Það er til þess gert að rafspennan viðhaldist í rafhlöðunni. Ef við tengjum málmvír milli skautanna tveggja opnast skyndilega leið fyrir rafeindirnar þannig að þær geta færst frá neikvæða skautinu og að því jákvæða. Þessi færsla rafeindanna eftir vírnum er það sem við nefnum *rafstraum*.

Straumur rafeindanna frá neikvæða skautinu heldur áfram þangað til rafhlaðan getur ekki bætt fleiri rafeindum á það. Þá minnkar spennan mikið og rafhlaðan er sögð hafa tæmst. Ef engin spenna er lengur milli rafskautanna er ekki heldur neitt sem knýr rafeindirnar áfram. Rafstraumurinn stöðvast.

Þú skalt því aldrei tengja koparvír eða annars konar vír beint á milli skautanna á rafhlöðu. Ef þú gerir það tæmist rafhlaðan á mjög skömmum tíma.

## Straumur skapar ljós

Í fyrstu var farið með rafstrauminn sem undarlegt fyrirbæri og hann einkum notaður til skemmtunar. Í lok 19. aldar fundu menn út í fyrsta sinn hvernig nota mátti hann sér til gagns. Bandaríkjamaðurinn *Thomas A. Edison* kom þá fram með uppfinningu þar sem hann notaði rafstraum til að búa til ljós.

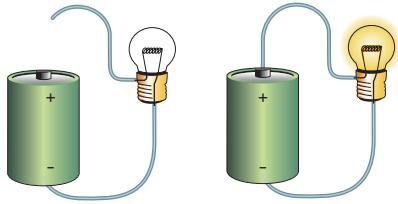
Hann tengdi peru, sem hann hafði búið til sjálfur, með tveimur koparvírnum við jákvætt skaut og neikvætt skaut á rafhlöðu. Þegar straumur rafeinda fór gegnum peruna varð hún lýsandi. Tilhneiging mismunandi rafhleðslna til þess að jafnast út varð til þess að unnt var að búa til ljós á stýrðan hátt. Þegar spennan milli skautanna var ekki lengur fyrir hendi sloknaði á perunni.

Á þessum tíma höfðu menn fátt annað til að lýsa sér en kerti, ljós frá gaslömpum eða opinu eld og því var þetta byltingarkennd uppfinning.



Rafmagnsperur hafa gegnt miklu hlutverki í nútímaþjóðfélagi. Áður en þær komu til sögunnar notuðu menn einkum gaslampa eða opinu eld til lýsingar.





Pegar jákvæða skautið er tengt neikvæða skautinu er rafrásin lokuð og peran lýsir.

## Pannig tengjum við straumrásir saman

Ef við tengjum saman venjulega *glóperu* og rafhlöðu með vírum höfum við búið til *straumrás* (hún nefnist einnig rafrás). Straumrásin verður að vera lokuð til að rafstraumur berist eftir rásinni og peran lýsi. Straumurinn má aldrei stöðvast. Þá er sagt að við höfum *lokaða straumrás*. Straumurinn fer gegnum grannan þráð eða vír í perunni. Þessi þráður kallast *glóþráður*. Ef hann slitnar eða bráðnar sundur rofnar straumrásin og þá slokknar á perunni.

Ef við viljum geta hleypt straumnum á og rofið hann setjum við *straumrofa* einhvers staðar inn í straumrásina.



## Glóperur fyrr og nú

Heppilegt er að nota glóperu til að útskýra hvernig straumrás virkar. Gömlu glóperurnar eru hins vegar ekki fánlegar lengur. Evrópu-sambandið bannaði notkun þeirra vegna þess að þær gefa of lítið ljósmagn og of mikinn varma til þess að teljast vistvænar. *Sparperur*, *halógenperur* og *díóðuperur* (leddperur) eru þess vegna heppilegri en gömlu glóperurnar. Díóðuperur þróast ört og eru af mörgum taldar jafnmikið framfaraskref og *flúrperurnar* sem komu fram um 1940.

## Spenna er mæld í voltum

*Rafspenna* er mæld með *voltmæli* (spennumæli). Við mælum spennu í einingu sem nefnist *volt*, táknað með bókstafnum V. Orðið volt er dregið af nafni Ítalans *Alessandro Volta* sem bjó til fyrstu rafhlöðuna.

Venjuleg rafhlaða hefur rafspennuna 1,5 V. Til eru líka rafhlöður með spennuna 4,5 V og 9 V. Spennan á heimilisrafmagninu í venjulegum tengli (innstungu) er 230 V en spennan milli þrumuskýs og yfirborðs jarðar getur verið margar milljónir volta.



Með fjölmæli getur þú mælt bæði spennu og straum.

## Straumur er mældur í amperum

Rafstraumur er mældur með *ampermæli* (straummæli). Straumur er mældur í einingu sem kallast *amper*, táknað með bókstafnum A. Orðið amper er dregið af nafni Frakkans *André Marie Ampère* sem jók mjög skilning manna á eðli rafmagns.

Rafstraumurinn er mjög veikur í mörgum straumrásum. Þess vegna nota menn mælieininguna *milliamper*, sem er táknað mA (1 A = 1000 mA).

### Einingar fyrir rafstraum

0,5 A = 500 mA

0,05 A = 50 mA

1 mA = 0,001 A

90 mA = 0,09 A

300 mA = 0,3 A

## Hleðslurafhlöður

Rafhlöður og rafgeymar eru til í ótalmörgum gerðum og stærðum og með mismunandi spennu. En þegar við veljum rafhlöðu þarf ekki bara að huga að stærð hennar og spennu. Við verðum líka að velja hvort hún eigi að vera hleðslurafhlaða eða einnota. *Hleðslurafhlöðurnar* eru vistvænni vegna þess að þær má nota aftur og aftur. Þær eru hins vegar talsvert dýrari en hinar.

Nú er það hlutverk vísindamanna að finna upp nýjar og betri rafhlöður. Snjallari farsímar, betri skjáir og sparneytnari bílar kalla á betri og ódýrari rafhlöður eða rafgeyma. Þróunin á þessu sviði er hins vegar hægari en framleiðendur kysu helst. Þess vegna er nauðsynlegt að afla meiri þekkingar og gera frekari rannsóknir til að detta niður á nýjar lausnir. Verður það kannski þitt hlutverk að þróa rafhlöður og rafgeyma framtíðarinnar?



Vísindamenn vinna baki brotnu við að smíða öflugri og léttari rafhlöður fyrir rafbíla.

## ITAREFNI

### STRAUMBREYTARNIR SEM LÁTA RAFTÆKIN GANGA

Hleðslurafhlaða er þannig gerð að við getum látið rafeindirnar færast aftur til baka. Hleðslutæki fyrir rafhlöður flytur nefnilega mikinn fjölda rafeinda frá plússkautinu að mínusskautinu. Á þennan hátt verða aftur aukarafeindir í rafhlöðunni við mínusskautið og um leið myndast rafspenna milli skautanna. Við þurfum hins vegar að gæta að því að við getum ekki notað hvaða hleðslutæki sem er fyrir allar hleðslurafhlöður. Þær hafa mismunandi spennu og gefa þess vegna mismikinn rafstraum. Rafhlöðurnar í farsímum, tölvum, rakvélum og ýmsum öðrum tækjum framleiða mismikinn straum og hvert tæki þarf því yfirleitt sitt sérstaka hleðslutæki.



### Stefna straumsins er röng

Nú vitum við að rafeindirnar hreyfast frá mínusskauti að plússkauti eftir straumrás. Þrátt fyrir það læra allir það á hinn veginn, það er að segja að straumurinn fari frá plússkauti til mínusskauts. Skýringin liggur í sögu eðlisfræðinnar. Í upphafi héldu menn nefnilega að rafstraumurinn væri jákvæðar eindir sem hreyfðust eftir straumrás. Þegar menn uppgötvuðu rafeindirnar og neikvæða hleðslu þeirra seint á 19. öld breyttu menn þó ekki gömlu skýringunni.

Þess vegna segjum við enn í dag að stefna rafstraums sé frá plússkauti að mínusskauti, þrátt fyrir að rafeindirnar hreyfist í gagnstæða átt.

### Leiðarar og einangrarar

Sum efni leiða rafstraum og kallast því *leiðarar*. Allir málmar eru góðir leiðarar. Silfur, kopar og gull leiða straum best allra málma.

Efni sem leiðir ekki straum, kallast *einangrarar*. Gler, plast og postulín eru dæmi um einangrara. Í rafmagnssnúru er leiðari úr kopar sem rafeindirnar fara eftir. Til að koma í veg fyrir að rafeindirnar fari aðra leið en eftir leiðaranum er hann umlukinn slíðri – einangrara – sem er oft úr plasti.

## Hvers vegna eru málmar góðir leiðarar?

Hver er skýringin á því að málmar eru góðir leiðarar en plast er til dæmis einangrari? Svarið við því finnum við inni í frumeindunum. Í hverri frumeind í málmum er ein eða fleiri rafeindir sem eru aðeins lauslega bundnar við kjarna frumeindarinnar. Þessar rafeindir kallast *leiðnirafeindir* og þær geta flust frá einni frumeind til annarrar.

Ef við til dæmis tengjum koparvír milli skautanna á rafhlöðu fara leiðnirafeindirnar að hreyfast í áttina að plússkauti rafhlöðunnar. Á þennan hátt geta aukarafeindir við mínusskautið flust eftir koparvírnum að plússkauti rafhlöðunnar.

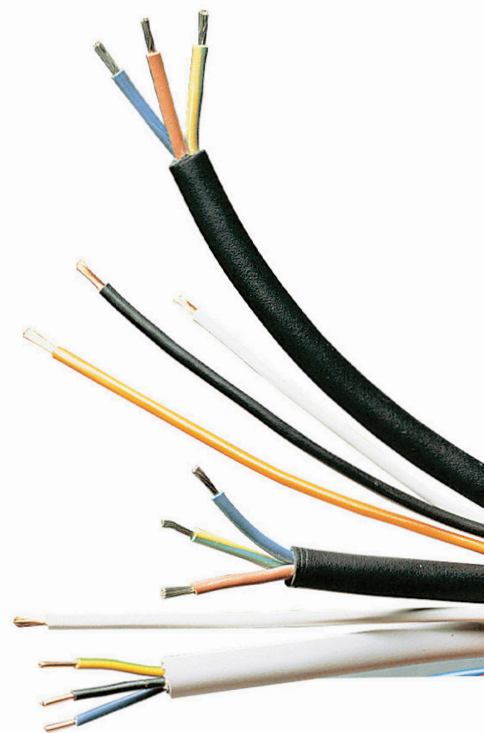
Í einangrara eru hins vegar allar rafeindirnar fast bundnar við kjarna frumeindanna og þar eru því engar leiðnirafeindir. Þess vegna leiða einangrarar ekki neinn straum.

## SJALFSPRÓF UR 1.2

### ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

• spenna • straumur • straumrás • leiðari • einangrari

- Á rafhlöðu eru tvö rafskaut.
  - Hvað heita skautin?
  - Við hvort skautið eru aukarafeindir?
- Í hvaða einingu mælum við:
  - spennu? b) straum?
- Til hvers notum við straumrofa?
- Nefndu dæmi um:
  - leiðara b) einangrara
- Í hvaða átt segjum við að straumurinn fari í straumrás?
- Teiknaðu mynd sem sýnir innri gerð glóperu.
- Hvað er rafstraumur?
- Settu inn tölurnar sem vantar:
  - $0,2 \text{ A} = ? \text{ mA}$  b)  $75 \text{ mA} = ? \text{ A}$
- Útskýrðu það að silfur leiðir straum en ekki gler.
- Útskýrðu muninn á rafspennu og rafstraumi.
- Í lokaðri straumrás með rafhlöðu segjum við venjulega að straumurinn fari í hring. Það er þó ekki alveg rétt að taka svo til orða. Hvers vegna ekki?



Rafmagnsleiðslur eru einangraðar með plasti til þess að straumurinn fari eftir vírunum sjálfum og til þess að vírarnir snerti til dæmis ekki vírana við hliðina á þeim, lampaskerminn eða fingurna á þér.

## Í BRENNIDEPLI

# SÍVAXANDI RAFTÆKJAÚRGANGUR!

### Einn af hverjum þremur skilar rafhlöðum

Á Íslandi er fólk ekki nógu duglegt að skila gömlum rafhlöðum á endurvinnslustöðvar. Það vantar líka mikið upp á að gömlum raftækjum sé skilað til endurvinnslu. Árið 2012 var aðeins þriðju hverri rafhlöðu (33%) skilað til endurvinnslu á Íslandi. Evrópusambandið hefur ákveðið að árið 2016 skuli skilahlutfall rafhlaðna vera komið upp í 45% og sú ákvörðun gildir líka hér á landi.

- Hvað getum við gert til þess að fá fleiri til þess að skila rafhlöðum til endurvinnslu? Hefur þú hugmyndir sem gætu komið að gagni?

### Hnapparafhlöður leynast víða

Rafhlöðum er oft skipt í tvo flokka: einnota rafhlöður og hleðslurafhlöður. Í flokki einnota rafhlaðna eru til dæmis litlu hnapparafhlöðurnar sem finnast í ólíklegustu hlutum. Þær leynast í skrautkertum á afmælistertunni, barnabókum með hljóði, heyrnar-tólum, hálsbindum með blikkandi ljósum, vasareiknum, úrum og þjófavarnarbúnaði í bílum. Í sumum hnapparafhlöðum eru því miður þungmálmur sem skaða umhverfið meira en flest önnur skaðleg og hættuleg efni. Til að auka skil eru hlutir sem innihalda hnapparafhlöður, merktir með þessu tákni.



- Hvað mætti gera til að upplýsa fólk betur um að hlutir innihaldi hnapparafhlöður sem verði að endurvinna?
- Er táknið nægilega skýrt?
- Hver er ábyrgur fyrir því að koma rafhlöðum til endurvinnslu?

### Sívoxandi raftækjakaup

Við kaupum meira af rafeindagræjum og raftækjum með hverju árinu sem líður. En við erum ekki jafndugleg við að skila þeim til endurvinnslu. Á hverju ári kaupir hver maður í Evrópu-sambandinu að meðaltali 24 kg af rafmagnstækjum. Hver maður skilar hins vegar aðeins 4 kg á ári. Árið 2009 var tekið á móti 900 tonnum af raftækjum á endurvinnslustöðvum á Íslandi en árið 2012 var talan komin upp í 1200 tonn. Mjög brýnt er að hvetja fólk til þess að skila öllum raftækjum og rafeindabúnaði til endurvinnslu því að í þeim eru mörg efni sem eru mjög skaðleg fyrir umhverfið.

- Hvernig eigum við að taka á vandanum?
- Eigum við að reyna að auka endurvinnslu tækjanna eða kaupa færri raf- og rafeindatæki?

### Hvernig eru horfurnar í framtíðinni?

Á síðustu 20 árum hafa ný tæki komið á markaðinn, svo sem fartölvur, spjaldtölvur og farsímar, og þessi raftæki eru framleidd í milljónum og aftur milljónum eintaka. Í öllum þessum tækjum eru rafhlöður og víst er að tækjum með rafhlöðum mun enn fjölga í framtíðinni.

- Á hvaða sviðum verða rafhlöður einkum notaðar í framtíðinni?
- Hvaða ábyrgð eiga neytendur að bera?
- Hver er ábyrgð þeirra sem framleiða rafhlöður?
- Hvað þurfa stjórnámálamenn að gera til þess að vísindamenn og tæknifyrirtæki geti þróað nýjar rafhlöður sem skila meiri orku og eru vistvænni?

## 1.3 Straumrásir

Pótt loftljósið bili, slokknar ekki á öllum öðrum ljósum í herberginu. Það sama á ekki við um perurnar í aðventuljósi eða jólatræsseríu. Hefur þú reynt að kveikja á aðventuljósi og uppgötvað að það virkar alls ekki, bara vegna þess að ein peran er ónýtt? Þíringurinn yfir því að finna ekki ónýtu peruna getur orðið ansi mikill. Af hverju skyldu allar perurnar þurfa að vera í lagi til þess að aðventuljósið lýsi?



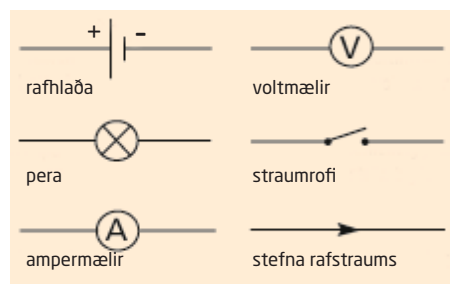
Hvers vegna slokknar á öllum perum í aðventuljósi ef ein pera er skrúfuð úr? Við þurfum að vita svolítið um straumrásir til þess að skilja það.

### Tengimynd einfaldar málið

Straumrásir geta verið býsna flóknar og eru oft gerðar úr fjölda pera og rafmagnsleiðslna. Ef þú þarft að teikna mynd af straumrás eins og hún lítur nákvæmlega út getur það tekið drjúgan tíma. Það einfaldar málið mjög að þú getur teiknað svokallaða *tengimynd*.

Tengimynd er einfölduð mynd af straumrás. Við notum einföld tákni, svokölluð *teiknitákni*, fyrir þá hluti sem koma fyrir í straumrásinni. Pera er táknuð sem hringur með X-i og rafhlaða er táknuð sem tvö mislöng strik. Lengra strikið táknar jákvæða skautið og það styttra er neikvæða skautið. Rafleiðsla er táknuð með línu.

Stefna straumsins er sýnd með ör. En munið að straumstefnan er sýnd þannig að straumurinn fari frá jákvæða skautinu að neikvæða skautinu, þrátt fyrir að rafeindirnar fari í reynd frá mínusi til plúss.



Með teiknitáknum er einfalt að teikna straumrásir á blað.

## Raðtengdar perur

Í straumrás getum við tengt saman rafhlöður, perur og aðra hluti á mismunandi vegu. Við getum annaðhvort búið til *raðtengda straumrás* eða *hliðtengda straumrás*.

Perurnar í aðventuljósi og jólatrés-seríum eru yfirleitt raðtengdar. Ef ein pera er tekin úr slokknar á öllum hinum perunum líka. Þetta byggist á því að straumrásin rofnar á þeim stað þar sem peran var. Hið sama gerist ef ein peran bilar; þá slokknar á öllum hinum perunum. Þetta er augljós ókostur en kosturinn er sá að það er mun ódýrara að búa til raðtengda ljósa-stjaka og ljósaseríur en hliðtengda.

Ef við raðtengjum tvær eða fleiri perur við rafhlöðu deilist spenna rafhlöðunnar niður á perurnar. Því fleiri sem perurnar eru þeim mun lægri verður spennan á hverri peru. Ef pera bilar í aðventuljósi er það því mjög mikilvægt að kaupa peru af réttri gerð. Ef keypt er pera sem þolir bara mjög lága spennu springur hún strax ef hún er ekki gerð fyrir þá spennu sem er í stjakanum.



Ef perurnar eru raðtengdar nægir að ein þeirra bili. Þá slokknar á öllum perunum í seríunni.

### DÆMI 1

Í jólatrés-seríu eru 16 perur. Hversu há er spennan á hverri peru? Spennan í vegg tenglinum er 230 V.

$$230 \text{ V} / 16 \approx 14 \text{ V.}$$

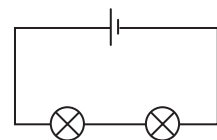
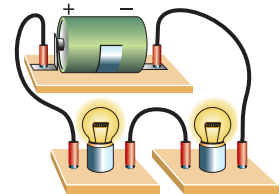
**SVAR:** Spennan á hverri peru verður um það bil 14 V.

### DÆMI 2

Í aðventuljósi eru 7 perur. Ein peran er biluð. Má setja í nýja peru sem þolir 14 V? Færðu rök fyrir svarinu.

$$230 / 7 \approx 33 \text{ V}$$

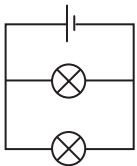
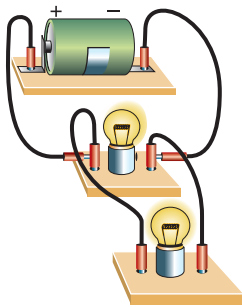
**SVAR:** Nei, peran verður að þola 33 V spennu.



Perurnar eru raðtengdar við rafhlöðuna. Ef við skrufum aðra peruna úr slokknar á hinni.



Loftljósin eru hliðtengd. Þótt eitt ljósið bili lýsa hin áfram.



Perurnar eru hliðtengdar við rafhlöðuna. Ef við skrúfum aðra peruna úr lýsir hin áfram.

### Hliðtengdar perur

Perur eru oftast hliðtengdar en raðtengdar. Loftljósin í skólastofunni eru dæmi um hliðtengd ljós. Ef eitt ljósið bilar halda hin áfram að lýsa. Það er vegna þess að öll ljósin eru hvert og eitt í sjálfstæðri og lokaðri straumrás með straumgjafanum. Ef eitt ljós bilar rofnar þess vegna bara ein straumrás. Hinar rásirnar eru áfram heilar og straumur fer áfram um þær. Allar rásirnar þurfa að rofna til þess að slokkni á öllum ljósunum.

Tvær eða fleiri perur, sem eru hliðtengdar við rafhlöðu, lýsa skærar en ef þær væru raðtengdar. Ástæðan er sú að hliðtengdar perur þurfa ekki að deila með sér spennunni sem rafhlaðan gefur. Hver pera er beintengd við rafhlöðuna og fær sömu spennu og rafhlaðan hefur.

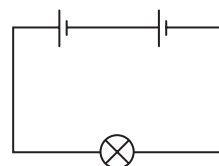
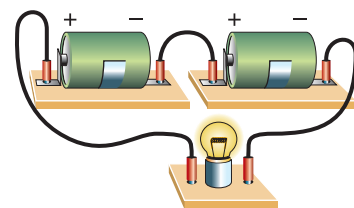
Hins vegar lýsa perurnar ekki jafnlengi og ef þær væru raðtengdar vegna þess að meiri straumur er tekinn frá rafhlöðunni þegar þær eru hliðtengdar. Spennan milli skautanna á rafhlöðunni jafnast þá fyrr út og rafhlaðan er fljótari að tæmast.

## Rafhlöður má raðtengja eða hliðtengja

Við getum bæði raðtengt og hliðtengt rafhlöður, rétt eins og perur. Ímyndum okkur að við ætlum að nota tvær rafhlöður til að knýja peru.

Fyrst raðtengjum við rafhlöðurnar. Það merkir að jákvætt skaut annarrar rafhlöðunnar er tengt við neikvætt skaut hinnar. Spennan í straumrásinni verður þá jöfn summunni af spennu rafhlaðnanna beggja ( $1,5 \text{ V} + 1,5 \text{ V} = 3 \text{ V}$ ). Peran mun lýsa skært en ekki lengi.

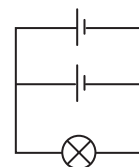
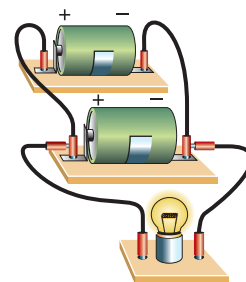
Síðan skulum við hliðtengja rafhlöðurnar. Það þýðir að jákvætt skaut annarrar rafhlöðunnar er tengt við jákvætt skaut hinnar. Neikvæðu skautin eru líka tengd saman. Spennan í straumrásinni hækkar ekki, heldur verður jöfn spennunni í hvorri rafhlöðunni um sig ( $1,5 \text{ V}$ ). Peran verður ekki eins skær en hún lýsir lengi.



Ef pera er tengd við tvær raðtengdar rafhlöður lýsir hún tvöfalt skærar en ef rafhlaðan er aðeins ein.



Í þessari fjarstýringu eru tvær raðtengdar 1,5 V rafhlöður. Spennan verður þá alls 3 V.



Ef pera er tengd við tvær hliðtengdar rafhlöður lýsir hún tvöfalt lengur en ef rafhlaðan er aðeins ein.

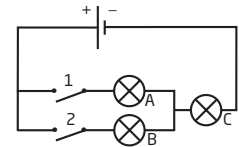
## SIÁLFSPRÓF ÚR 1.3

### ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

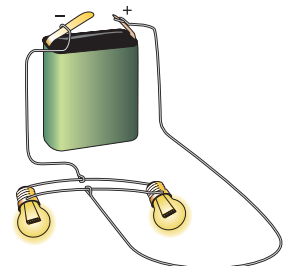
- tengimynd • raðtenging • hliðtenging

- Teiknaðu táknið fyrir:
  - peru
  - voltmæli
  - rafhlöðu
- Teiknaðu tengimynd af straumrás með tveimur raðtengdum rafhlöðum, peru og straumrofa.
- Hversu mikil verður spennan ef þú hliðtengir saman tvær 1,5 V rafhlöður?
- Hvers vegna slokknar á öllum perunum ef þú skrófar eina peru úr adventuljósi?
- Teiknaðu tengimynd af straumrás með einni rafhlöðu og tveimur hliðtengdum perum.
  - Ef slokknar á annarri perunni hvernig hegðar hin sér þá?
- Teiknaðu tengimynd af straumrás með einni rafhlöðu, einum ampermæli og einni peru í raðtengingu.
  - Segjum að ampermælirinn sýni 0,2 A. Hvað sýnir ampermælirinn ef þú færir til mælinn og peruna í rásinni, það er ef þú víxlar stöðu þeirra?
- Veggtengill (innstunga) er fyrir tvær klær. Öðrum megin tengir þú lampa og hinum megin útvarpstæki.
  - Eru lampinn og útvarpstækið raðtengd eða hliðtengd?
  - Hvernig veistu það?

- Skoðaðu tengimyndina hér til hægri.
  - Lýsir einhver peran áður en þú ýtir á annan hvorn straumrofann?
  - Hvaða pera eða hvaða perur lýsa ef þú ýtir á straumrofa nr. 2?
  - Hvaða pera lýsir skærast ef þú ýtir á báða straumrofana?
  - Hversu margar rafleiðslur þarftu til að ljúka tengingunni?



- Blær og fjölskylda hennar keyptu jólatræsseríu með 16 perum. Hversu háa spennu þarf hver pera til þess að hafa fulla birtu? Námundaðu að heilu volti.
- Tvær perur eru tengdar við rafhlöðu eins og sýnt er á myndinni til hægri.
  - Eru perurnar rað- eða hliðtengdar?
  - Teiknaðu tengimynd af þessu og sýndu stefnu straumsins með ör.
- Þú ert með 6 stk. af 1,5 V rafhlöðum sem þú tengir við peru. Peran á að lýsa jafnskært og ef hún væri tengd við 4,5 V rafhlöðu en hún á að lýsa tvöfalt lengur. Teiknaðu tengimynd sem sýnir hvernig þú átt að tengja rafhlöðurnar saman.



## 1.4 Viðnám gegn rafstraumi

Viðnám gegn rafstraumi er eiginlega orkuþjófur sem hefur mikla þýðingu þegar alþingi og ríkisstjórn ræða um það hvar skuli reisa ný orkuver. Þegar rafstraumurinn mætir viðnámi myndast nefnilega varmi. Það hefur í för með sér að kringum allar rafmagnsleiðslur skapast varmi sem kemur ekki að neinu gagni. Við verðum því alltaf að framleiða meira af rafmagni en við notum. Því er mikilvægt að afla meiri þekkingar á því hvernig við getum minnkað viðnámið í raflínum okkar.

### Þannig virkar pera

Ef rafstraumur verður nægilega mikill í rafleiðslu getur leiðslan hitnað svo mikið að hún verður glóandi. Þetta nýta menn sér í perum. Í halógenperu er stuttur og grannur þráður úr málm sem kallast *volfram*. Þráðurinn kallast *glóþráður*. Þegar straumi rafeinda er hleypt á grannan glóþráðinn hitnar hann gríðarlega og tekur að glóa. Þetta stafar af því að vírin er svo grannur að rafeindirnar eiga erfitt með að fara eftir honum. Í þráðinum er mikið *viðnám* gegn straumnum. Við segjum að viðnám þráðarins sé mikið. Vegna þess að viðnámið er svona mikið hitnar þráðurinn nægilega til þess að hann verður glóandi. Peran gefur birtu, hún verður lýsandi.

### Viðnámið lækkar strauminn

Hvers vegna er þráður úr volframi í halógenperunni? Hvers vegna er hann ekki úr kopar eða járn? Efnin leiða rafstraum mismunandi vel. Silfur og kopar leiða rafstraum best.

Volfram leiðir straum betur en járn. Járnþráður verður þess vegna glóandi ef sterkur straumur fer gegnum hann. Volfram þolir hins vegar meiri hita en járn. Það skýrir þá staðreynd að volfram er heppilegra efni í glóþráði en járn.

Eiginleikinn, sem við köllum viðnám, er mælikvarði á það hversu vel efni leiðir straum. Volfram leiðir straum verr en kopar og því segjum við að volfram hafi meira viðnám en kopar. Því meira sem viðnámið er þeim mun verr leiðir efnið straum. Viðnám er mælt í einingunni *óm* og er táknað með gríska bókstafnum *ómega* ( $\Omega$ ).



Hitastigið inni í halógenperu getur orðið allt að 1400 °C. Það gerir þó ekkert til því að glóþráðurinn er úr volframi sem bráðnar ekki fyrir en við 3400 °C.

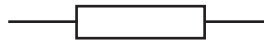
## Hvað hefur áhrif á viðnámið í vír?

Við nám í vírnum er mismunandi eftir því úr hvaða efni þeir eru. Það eru þó líka aðrir eiginleikar sem hafa áhrif á við nám í vír. Ef við tengjum mismunandi víra við straumgjafa getum við komist að því að lengd og gildleiki vírsins hefur áhrif á viðnámið.

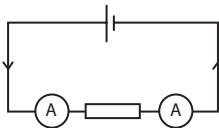
Ef við styttrum vírinn sjáum við að straumurinn í rásinni verður sterkari. Því styttri sem vírinn er þeim mun minna verður viðnámið.

Ef við berum svo saman jafnlanga en misgilda víra kemur í ljós að straumurinn verður sterkari í gildari vírnum. Því gildari sem vírinn er þeim mun minna verður viðnámið.

Við getum haldið áfram með tilraunina og þá komumst við að því að hitastig vírsins hefur líka áhrif á viðnámið. Því heitari sem vírinn er þeim mun meira verður viðnámið.



Táknið fyrir við nám.



Ef við komum viðnámi fyrir í straumrásinni verður straumurinn veikari í allri rásinni. Þetta getum við sannreynt með því að tengja ampermæli við rásina bæði framan við og aftan við viðnámið. Straumurinn er jafnstærkur á báðum stöðum.

## Við nám - íhlutir sem veita rafstraumi mótstöðu

Ef við tengjum peru beint við rafhlöðu getur straumurinn verið of sterkur svo peran springi. Við getum komið í veg fyrir þetta með því að setja við nám (íhlutur, líka nefndur mótstaða) í straumrásina. Íhlutverk viðnámsins er að auka viðnámið í rásinni og gera þannig strauminn veikari.

Þegar við setjum við nám í straumrásina verður straumurinn sem sagt veikari í allri rásinni. Það er því ekki þannig að straumurinn verði veikari bara þegar hann hefur farið gegnum viðnámið.



Við getum breytt hljóðstyrknum með stilliviðnámi. Straumurinn verður sterkari ef viðnámið minnkar og þá eykst hljóðstyrkurinn.

## Mismunandi gerðir viðnáma

Til eru mismunandi gerðir af viðnáum. Flest þeirra hafa alltaf sama viðnámið og kallast því *föst við nám*. Við getum breytt viðnáminu í öðrum og þau kallast *breytileg við nám*. *Rennivið nám* og *stillivið nám* (breytivið nám) eru dæmi um slík við nám. Þegar þú eykur eða minnkar hljóðstyrkinn í farsímanum þínum notar þú breytilegt við nám í símanum til þess. Þú ýtir á + eða - og þá eykur þú eða minnkar viðnámið í þeirri straumrás sem stýrir hljóðstyrknum. Ef viðnámið minnkar verður straumurinn sterkari í rásinni og hljóðstyrkurinn verður meiri.

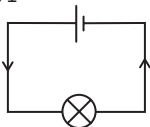
## SIÁLFSPRÓF ÚR 1.4

### ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

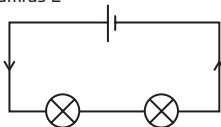
- glóbráður • viðnám (gegn rafstraumi) • viðnám (íhlutur)
- fast viðnám • breytilegt viðnám

1. Í hvaða einingu er viðnám mælt?
2. Tveir vírar eru úr sama efni. Hvor vírinn hefur meira viðnám:
  - a) langur eða stuttur vír?
  - b) gíldur eða mjór vír?
3. Hvers vegna nota menn volfram í halógenperur?
4. Hvort efnið hefur meira viðnám: járn eða kopar?
5. Til hvers er íhluturinn viðnám notaður?
6. Hvernig táknum við viðnám í tengimynd?
7. Hvernig virkar halógenpera?
8. Straumrás nr. 1 sýnir peru sem er tengd við rafhlöðu. Í straumrás nr. 2 eru tvær eins perur tengdar við eins rafhlöðu. Í hvorri straumrásinni er:
  - a) spenna rafhlöðunnar hæst?
  - b) straumurinn sterkastur?
  - c) viðnámið mest?

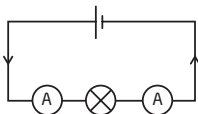
Straumrás 1



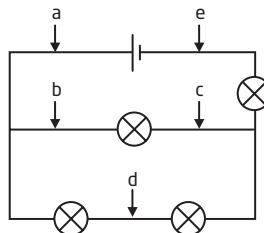
Straumrás 2



9. Pera er tengd við rafhlöðu eins og sýnt er á myndinni hér fyrir neðan. Í straumrásinni eru tveir ampermælur.
  - a) Hvor ampermælirinn sýnir sterkari straum?
  - b) Útskýrðu það hvernig þú hugsar svarið.

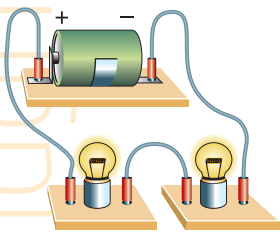


10. Fjórar eins perur eru tengdar í straumrás. Í myndum okkur að við tengjum ampermæla á þeim stöðum sem eru merktir með a, b, c, d og e á myndinni. Hvaða ampermælir eða hvaða ampermælur sýna annars vegar sterkastan straum og hins vegar veikastan straum?
11. Hvaða munur á byggingu tveggja pera gæti skýrt það að önnur peran lýsir mjög skært en hin er mjög dauf? Gengið er út frá því að perurnar séu tengdar við jafnháa spennu.

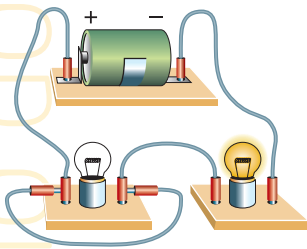


## 1.5 Gætið að rafmagnsörygginu

Elstu lög á Íslandi, sem tengjast rafmagni, eru frá árinu 1905. Þau tengdust réttindum til að virkja vatnsföll. *Rafmagnseftirlit ríkisins* tók til starfa árið 1933 og fór með rafmagnsöryggismál, en frá árinu 2011 hafa þessi mál verið á vegum *Mannvirkjastofnunar*. Stofnuninni er falið að stuðla að sem mestu öryggi í rafmagnsmálum, bæði á heimilum og í atvinnulífinu og rannsaka slys og tjón sem verður af völdum rafmagns.



Tvær perur eru raðtengdar við rafhlöðu. Báðar perurnar lýsa jafnmikið.



Tengt hefur verið framhjá perunni til vinstri og þá slokknar á henni. Peran til hægri lýsir nú skærar en áður.

### Skammhlaup og framhjátinging

Hefur þú heyrt einhvern taka svo til orða að það hafi „orðið skammhlaup í heilanum“? Þá finnst okkur að rétt hugsun hafi brugðist og að við séum algerlega ringluð. Orðtakið er komið úr rafmagnsfræðinni og vísar til þess sem gerist þegar rafstraumur í leiðslu fer ekki réttu leiðina.

*Meðvitað skammhlaup* er þegar við tengjum fram hjá einhverju af ásetningi. Það kallast að tengja fram hjá. Þegar við tengjum fram hjá myndum við svokallaða *skammleið* fyrir strauminn. Á myndinni til vinstri eru tvær perur raðtengdar hvor annarri og við rafhlöðu. Báðar perurnar lýsa. En vegna þess að straumurinn verður að fara gegnum báðar perurnar, og vegna þess að spennan er lág, er lýsing þeirra dauf.

Nú tengjum við leiðslu fram hjá fyrri perunni. Þar eð viðnámið í leiðslunni er mun minna en í perunni velur straumurinn leiðina eftir leiðslunni í stað þess að fara gegnum peruna og það slokknar á henni. Þegar við leiðum strauminn fram hjá peru á þennan hátt *tengjum við fram hjá*. Heildarviðnámið í rásinni hefur nú minnkað og því verður straumurinn í rásinni sterkari. Hin peran lýsir því skærar.

### Skammhlaup getur leitt til eldsvoða

*Skammhlaup kallast* það þegar straumurinn fer aðra leið en honum er ætlað. Rafmagnssnúran á straujárnri getur til dæmis skaddast þannig að koparvírarnir í báðum *leiðurunum* (þáttunum) snertast. Straumurinn fer þá beint milli leiðaranna og verður mjög sterkur þannig að mikill varmi myndast. Rafleiðslur og íhlutir þola bara vissan straumstyrk. Verði straumurinn allt of sterkur getur skammhlaupið leitt til eldsvoða.



Hér hefur orðið skammhlaup.

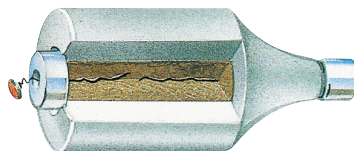
## Öryggi nefnast líka vör

Ef skammhlaup verður í raflögn hússins hjá okkur getum við glaðst yfir því að *vör* eru hluti af rafkerfinu. Þau rjúfa nefnilega strauminn verði hann of sterkur í einhverri rafleiðslu.

Vörin nefndust áður *öryggi* og síðara orðið er enn oft notað yfir þennan öryggisbúnað. Gömlu örygginn (bræðivörin) voru merkt með mismunandi litum til að sýna hversu mikinn straum þau þyldu. Algengust voru bræðivör sem þoldu 10 A. Í nýjum húsum eru engin bræðivör heldur búnaður sem kallast *sjálfvör*. Í sjálfvari er enginn þráður sem bráðnar heldur nokkurs konar rofi sem slær út og rýfur strauminn verði hann of sterkur. Þegar vandinn hefur verið lagaður má slá sjálfvarið inn aftur og straumur kemst aftur á.

Þegar sjálfvar slær út slokknar á öllu sem er tengt við varið. Skammhlaup í leiðslu er algeng orsök þess að var slær út. Það getur líka slegið út ef of mikið *álag* er á varið. Það merkir að of margar perur og tæki eru tengd við sama varið. Ef við aftengjum nokkur tæki getum við slegið varið inn aftur og straumurinn helst þá.

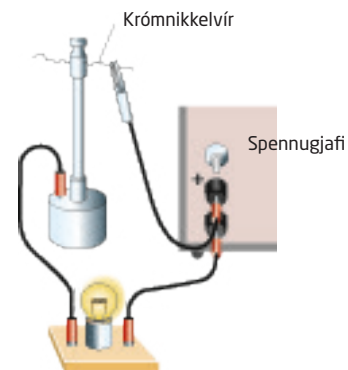
Í gömlum rafmagnstöflum eru svokölluð bræðivör með grönnum þræði sem bráðnar sundur ef straumurinn verður of sterkur. Í nýrri rafmagnstöflum eru svokölluð sjálfvör, sem er slegið inn aftur ef þau slá út.



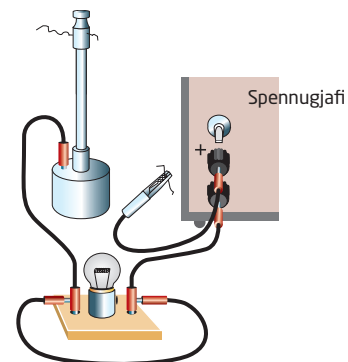
Bræðivar.



Sjálfvar.



Pera og krómnikkelvír eru raðtengd. Straumurinn verður veikur vegna þess að peran hefur mikið viðnám.



Þegar við tengjum fram hjá perunni eykst straumurinn gríðarlega. Krómnikkelvírinn bráðnar þá og rásin rofnar. Vírin virkar eins og öryggi.





Tengill með jarðtengingu.



Jarðtengd kló er með málmstertum (málmþynnum) á báðum hliðum. Samsvarandi málmstertur eru í tenglinum (innstungunni).

**Straumstyrkur Hvað gerist?**

0,5 mA	Straumurinn finnst varla
10 mA	Krampar geta orðið í vöðvum
15 mA	Krampar í vöðvum, erfitt að losa takið
30 mA	Öndun stöðvast
50 mA	Lífshætta
2 A	Brunasár og bráður dauði

1 A = 1000 mA

**Straumur getur verið lífshættulegur**

Á heimilum, í skólum og á vinnustöðum eru *tenglar* (innstungur) með 230 V spennu allt í kringum okkur. Sú spenna er nægilega há til þess að skapa straum sem getur leitt til bráðs dauða. Ef straumur, sem mælist 0,01 A, sem eru 10 mA, fer gegnum líkama manns getur hann valdið vöðvaverkjum, öndunarerfiðleikum og losti.

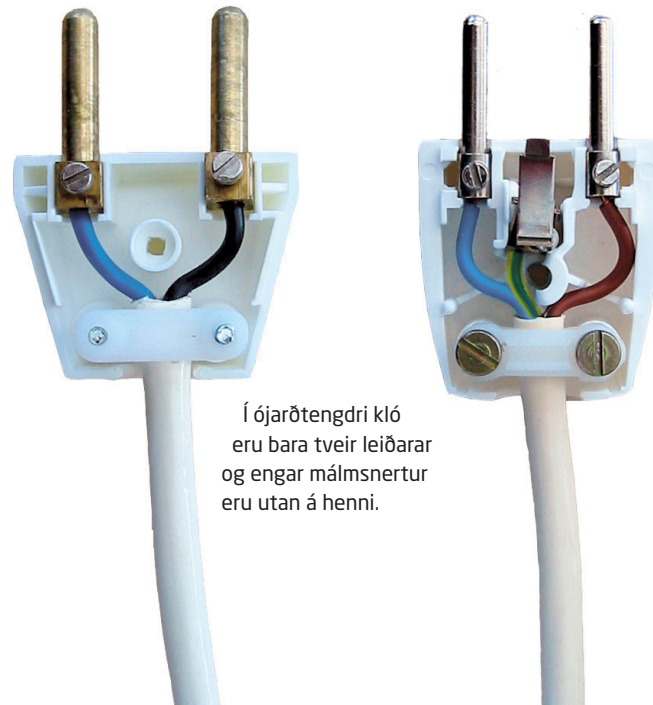
Ef óhapp verður er það eigið viðnám líkamans sem ræður því hversu sterkur straumur fer gegnum líkamann. Ef húðin er rök minnkar viðnámið og straumurinn gegnum líkamann verður sterkari. Þess vegna þarf að fara sérstaklega varlega með rafstraum meðal annars á baðherbergjum og í þvottahúsum.

**Jarðtenging - vörn gegn slysum**

Mörg raftæki á heimilum, einkum þau stærri, eru *jarðtengd* til þess að minnka hættu á óhöppum. Rafmagnssnúran á jarðtengdum tækjum er með þremur leiðurum (þáttum). Þriðji leiðarinn kallast *jarðleiðari*, eða bara *jörð* í daglegu tali, og er alltaf tengd við málmgrind eða málmumgjörð tækisins. Jarðleiðarinn er alltaf gul- og grænróndóttur.

Ef eitthvað fer úrskeiðis, til dæmis í gamalli brauðrist, getur málmumgjörðin leitt straum. Ef þú snertir brauðristina er mikil hættu á því að straumur fari gegnum líkama þinn. Ef tækið er jarðtengt fer straumurinn hins vegar eftir jarðleiðaranum og beint til jarðar.

Allir gulgrænir jarðleiðarar frá vegg tenglunum eru tengdir við sérstakar málmplötur sem eru grafnar í jörðu við húsin. Jarðleiðarinn virkar bara ef bæði tengill og kló eru jarðtengd.



Í jarðtengdri kló eru bara tveir leiðarar og engar málmstertur eru utan á henni.

Í jarðtengdri kló eru þrjú leiðarar. Sá gulgræni er jarðtengdur og hann tengist við málmsterturnar á hliðunum.

## ITAREFNI

### UM FIMM MANNS SLASAST ÁRLEGA Í RAFMAGNSÓHÖPPUM

Hér fyrir neðan eru ummæli fólks sem hefur orðið illa úti í rafmagnsslysum.

„Hugsunin verður öll í rugli, því að straumurinn lokar einhvern veginn á umhverfið. Þú getur ekki náð sambandi við fólk og þú getur ekki gert neitt eins og áður.“

„Farsíminn hringdi meðan ég var að vinna og ég gleymdi því í hvaða verki ég var. Ég hélt á tónginni og greip um vélinu og þá festist ég vegna straumsins. Líkaminn herptist í krampa og ég gat ekki losað mig. Ég var einn í herberginu og skildi strax hvað hafði gerst.“

„Þetta hefði ekki gerst ef þeir sem voru á undan okkur hefðu unnið sitt starf á réttan hátt. Þeir tóku niður gömul tæki og voru líklega að flýta sér. Í stað þess að taka strauminn af eins og þeir áttu að gera höfðu þeir bara klippt á rafmagnssnúurnar. Þetta máttu þeir alls ekki gera því að aldrei má skilja eftir sig neitt hættulegt. Þetta var fullkomin heimska.“

Sem betur fer verða sjaldan slys af þessu taginu. Þó slasast árlega um fimm manns vegna rafmagns á Íslandi, rúmur helmingur er úr hópi iðnaðarmanna.



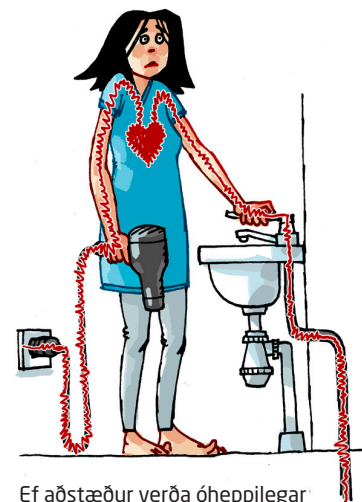
### Straumurinn fer gegnum líkamann

Á Íslandi er það í verkahring *Mannvirkjastofnunar* að vinna að því að fækka rafmagnsslysum. Þetta starf hefur skilað árangri því að slysum vegna rafmagns hefur fækkað umtalsvert frá því sem áður var.

Rafvirkjar eru sérfræðingar í því að umgangast rafmagn á öruggan hátt. Ef á að takast að fækka rafmagnsslysum enn frekar þurfum við öll að vita hvernig rafmagnið virkar og hvað þarf að varast.

Aldrei má til dæmis nota hárfurrku á baðherbergi nema tengillinn þar sé jarðtengdur. Ef óhapp verður getur líkaminn orðið rafleiðari. Ef þú heldur á gallaðri hárfurrku í annarri hendi og heldur um vatnskranann með hinnu getur straumur hlaupið gegnum líkamann.

Þessar aðstæður geta leitt til þess að straumrás opnast og skýringin er sú að öll vatnsrör í húsinu eru leiðarar sem hafa minna viðnám en rafmagnsleiðslurnar. Þá fer straumurinn gegnum líkamann í stað þess fara hefðbundna leið eftir rafleiðslunum.



Ef aðstæður verða óheppilegar getur líkaminn orðið rafleiðari og þá skapast lífshætta.

## 1. RAFMAGN



Nú eru lekastraumsrofar í öllum nýjum raflögnum.



### Lekastraumsrofar

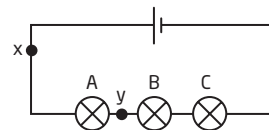
*Rafmagnsvör* (öryggi) vernda okkur gegn rafmagnsslysum. Í raflögnum er þó enn betri öryggisbúnaður, svokallaðir *lekastraumsrofar*. Lekastraumsrofi rýfur strauminn miklu fyrr en vanalegt sjálfvar gerir. Ef eitthvað fer úrskaiðis geta liðið nokkrar sekúndur áður en sjálfvarið slær út. Ef gömul rafmagnstafla er með bræðivörum í raflögninni líður svolítill tími áður en vírinn í bræðivarinu bráðnar og rýfur strauminn. Sá tími getur nægt til þess að valda skaða. Lekastraumsrofinn kemur í veg fyrir að slíkt gerist. Lekastraumsrofi rýfur nefnilega strauminn á nokkrum sekúndubrotum ef hann skynjar að einhvers staðar leiðir út straum í lögninni.

## SIÁLFSPRÓF UR 1.5

### ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

• skammhlaup • framhjá tenging • sjálfvar • bræðivar • jarðtenging • lekastraumsrofi

1. Hvaða litur er á jarðleiðara í rafmagnssnúru?
2. Hvernig þekkir þú jarðtengdan tengil frá ójarðtengdum tengli?
3. Hversu há er spennan í venjulegum vegg tengli (innstungu)?
4. Hvers vegna veitir lekastraumsrofi enn betri vörn en sjálfvar eða bræðivar?
5. Hvernig virkar var (öryggi)?
6. Teiknaðu tengimynd af straumrás með rafhlöðu, tveimur perum og straumrofa. Báðar perurnar eiga að lýsa dauft áður en þú ýtir á straumrofann. Þegar þú ýtir á straumrofann á að slokkna á annarri perunni en hin á að lýsa skærar en áður.
7. Allar perurnar í straumrásinni fyrir neðan lýsa dauft. Hvernig breytist ljósstyrkurinn hjá perunum þremur ef þú tengir punktana x og y saman með koparvír?





# Raforka

Raforka er ef til vill verðmætasta orkuformið sem til er vegna þess hversu auðvelt er að breyta því yfir í önnur orkuform. Raforka er því mjög notadrjúgt form orkunnar og kemur við sögu í nánast öllum umsvifum okkar.

## Rafmagn er auðvelt í flutningi en erfitt er að geyma það

*Raforka* er eitt nokkurra orkuforma sem við þekkjum. Á Íslandi fáum við mestan hluta raforkunnar frá *vatnsorkuverum* sem hafa verið sett upp í sumum helstu vatnsföllum landsins. Þar er hreyfiorka vatnsins beisluð og henni breytt í raforku. Við fáum líka talsvert mikla raforku úr *jarðvarmaverum* en þar er varma í iðrum jarðar breytt í raforku. Á síðustu árum hafa einnig nokkrar *vindmyllur* verið settar upp hér á landi og líklegt er að þeim eigi eftir að fjölga á næstu árum. Raforka frá vindmyllum gegnir æ meira hlutverki víða um heim, til dæmis í Danmörku, og miklar framfarir hafa orðið í þróun þeirra.

Raforkan er síðan flutt frá þessum orkuverum eftir *báspennulínunum* sem teygja sig um allt landið. Þessar löngu línur flytja orkuna meðal annars til heimila okkar.

Einn helsti kostur raforkunnar er sá að mjög auðvelt er að flytja hana. Það eru hins vegar ókostir að hluti orkunnar tapast sem varmaorka og svo er hitt að erfitt er að geyma raforku. Þess vegna er meginhluti framleiddrar orku notaður beint. Við getum geymt raforku í rafhlöðum og rafgeymum en þá er hún geymd sem efnaorka.

## Auðvelt er að breyta raforku í önnur form orkunnar

Nota má raforku á marga mismunandi vegu. Í sjónvarpstæki er raforku breytt yfir í ljós og hljóð. Í frystikistu sér raforka til þess að matvælin haldast frosin. Í þvottavél er raforku breytt í hreyfiorku og í hraðsuðukatli er raforku breytt í varmaorku.

## SIÁLFSPRÓF ÚR 1.6

1. Nefndu tvenns konar orkuver sem framleiða rafmagn.
2. Nefndu einn kost við raforku og einn ókost við hana.
3. Hvers vegna getum við sagt að raforka sé notadrjúgt orkuform?

### Raforka er eitt margra orkuforma:

#### raforka

varmaorka  
geislunarorka  
efnaorka  
vélræn orka  
stöðuorka  
hreyfiorka  
kjarnorka



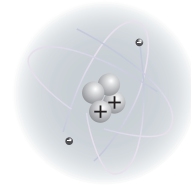
Við notum raforku meðal annars til þess að halda kulda á matvælum.

## SAMANTEKT

1.1

## Rafhleðsla

- Frumeind er gerð úr jákvætt hlöðnum kjarna og umhverfis hann sveima neikvætt hlaðnar rafeindir. Kjarninn er jákvætt hlaðinn vegna þess að hann er gerður úr jákvætt hlöðnum róteindum.
- Í hverri frumeind er sami fjöldi jákvæðra og neikvæðra hleðslna. Frumeindin er því í heild óhlaðin.
- Hlutir, sem hafa eins hleðslu, hrinda hver öðrum frá sér. Hlutir, sem hafa mismunandi hleðslu, dragast hver að öðrum.
- Eldingar eru raffræðileg fyrirbæri sem stafa af því að rafspenna myndast milli skýs og yfirborðs jarðar. Þegar spennan verður nægilega há hleypur elding frá skýinu og til jarðar.
- Elding fer ávallt stystu leið niður til jarðar. Ef þrumuveður geislar skaltu forðast að vera á hæstu stöðum í landslaginu. Fólk er öruggt ef það er inni í bíl.



Líkan sem sýnir innri gerð frumeindar.



Elding fer ávallt stystu leið til jarðar.

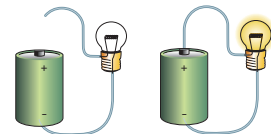
1.2

## Spenna og straumur

- Allar rafhlöður hafa eitt jákvætt skaut og annað neikvætt skaut. Við neikvæða skautið er umframfjöldi rafeinda en rafeindir skortir við jákvæða skautið. Rafspenna er mælikvarði á þá orku sem losnar þegar rafeindirnar færast frá einum stað til annars.
- Ef við tengjum rafhlöðu við þeru með tveimur rafleiðslum höfum við búið til straumrás. Rafspenna rafhlöðunnar veldur því að straumur er á rásinni. Rafeindirnar færast frá neikvæða skautinu og að því jákvæða.
- Við segjum að straumur í straumrás fari frá jákvæða skautinu að því neikvæða.
- Straumrás þarf að vera lokuð til þess að straumur fari eftir henni.
- Spenna er mæld í voltum (V). Við notum voltmæli til að mæla spennu. Venjuleg, sívöl rafhlaða hefur spennuna 1,5 V. Í venjulegum vegg tengli (innstungu) er spennan 230 V.
- Straumur er mældur í amperum (A). Smærri mælieining er milliamper (mA). Við notum ampermæli til að mæla straum.  $1 A = 1000 mA$ .
- Straumur stöðvast ef munurinn á rafhleðslunum við skautin jafnast út. Engin spenna, enginn straumur.
- Leiðari er efni sem leiðir rafstraum. Allir málmar eru góðir leiðarar. Silfur og kopar eru þó bestu leiðararnir. Málmar leiða straum vel vegna þess að frumeindir þeirra hafa leiðnirafeindir sem eru lauslega bundnar kjarnanum.
- Efni, sem leiðir ekki straum, nefnist einangrari. Gler og plast eru dæmi um einangrara. Í þessum efnum eru engar leiðnirafeindir.



Á rafhlöðu er jákvætt skaut og neikvætt skaut.



Lokuð straumrás.

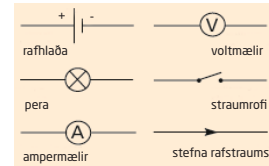


Leiðarar með einangrara um sig.

1.3

### Straumrásir

- Tengimynd er einfölduð mynd af straumrás.
- Ef við raðtengjum tvær 1,5 V rafhlöður verður heildarspennan 3 V. Ef við hliðtengjum rafhlöðurnar verður spennan 1,5 V.
- Við getum bæði raðtengt og hliðtengt perur. Ef tvær perur eru raðtengdar og önnur peran er skrúfuð úr þá slokknar á hinni.

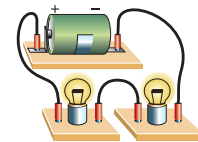


Teiknitákn á tengimynd.

1.4

### Viðnám gegn rafstraumi

- Viðnám er eiginleiki efna sem ræður því hversu vel þau leiða rafmagn. Viðnámið er mælt í ómum ( $\Omega$ ).
- Viðnám í vír ræðst af fjórum þáttum: lengd, gildleika, efni og hitastigi.
- Ef viðnám eykst í straumrás þá minnkar straumurinn í allri rásinni.
- Íhlutur, sem kallast viðnám (eða mótstaða), er búnaður sem veitir rafstraumi viðnám. Við getum notað viðnám til þess að minnka strauminn í straumrás.



Raðtengdar perur.

1.5

### Gætið að rafmagnsörygginu

- Skammhlaup getur orðið þegar einangrun á rafmagnssnúru hefur skemmst svo mikið að leiðararnir snerti hvor annan.
- Vör, sem kallast oft öryggi í daglegu tali, eru notuð til þess að koma í veg fyrir að straumur verði of sterkur.
- Var getur slegið út vegna þess að álag er of mikið eða vegna þess að skammhlaup verður.
- Spenna í venjulegum tengli er 230 V. Það er ekki spennan sjálf sem er hættuleg heldur straumurinn sem hún getur skapað.
- Viðnám í líkamanum ræður því hversu sterkur straumur getur farið gegnum hann. Ef húðin er blaut minnkar viðnámið og straumurinn verður sterkari. Þess vegna er nauðsynlegt að gæta varúðar gegn rafstraumi til dæmis á baðherbergjum.
- Jarðtenging merkir að sérstakur leiðari liggur frá umgjörð eða grind raftækis og til jarðar. Rafmagnssnúra í jarðtengdu raftæki er með þremur leiðurum. Þriðji leiðarinn, jarðleiðarinn (jörðin), er alltaf með gulgrænni einangrun.



Hliðtengd ljós.

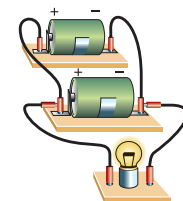


Raðtengdar rafhlöður í fjarstýringu.

1.6

### Raforka

- Raforka er eitt af nokkrum mismunandi formum orkunnar. Auðvelt er að breyta raforku í önnur form orkunnar. Það er þess vegna sem raforkan kemur við sögu í nánast öllum umsvifum okkar.
- Auðvelt er að flytja raforku en hins vegar er erfitt að geyma hana.
- Meginhluti þeirrar orku, sem notaður er á Íslandi, er framleiddur í vatnsorkuverum en drjúgur hluti er einnig framleiddur í jarðvarmaverum.



Hliðtengdar rafhlöður.

# LOKAHNYKKURINN

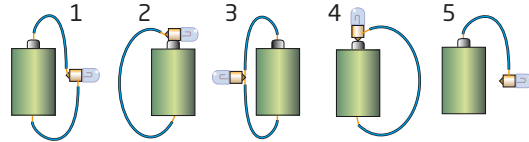
1

Tengdu hugtökin til vinstri við lýsingarnar til hægri.

- |                       |                              |
|-----------------------|------------------------------|
| 1 Spenna              | A Er í halógenperu           |
| 2 Rafstraumur         | B Þar er skortur á rafeindum |
| 3 Glóþráður           | C Mælist í ómum              |
| 4 Jákvætt skaut       | D Hefur viðnám               |
| 5 Einangrari          | E Er mælt í amperum          |
| 6 Viðnám (eiginleiki) | F Leiðir straum vel          |
| 7 Viðnám (íhlutur)    | G Mælist í voltum            |
| 8 Leiðari             | H Hefur mikið viðnám         |

2

- a) Hvaða pera eða hvaða perur ættu að lýsa?  
 b) Hvað heita þær eindir sem hreyfast eftir leiðslunni þegar peran lýsir?



3

Nefndu dæmi um raftæki sem breyta raforku í:

- a) hreyfiorku b) varma c) hljóð og ljós

4

Nú er bannað að selja glóperur í löndum Evrópusambandsins. Hver er ástæðan fyrir banninu? Hvaða fullyrðing er rétt hér?

- A: Ódýrara er að framleiða nýju gerðirnar af perum.  
 B: Í gömlu (venjulegu) glóperunum eru eitruð efni.  
 C: Allt of stór hluti raforkunnar breytist í varma í gömlu glóperunum.  
 D: Framboðið af volframi er of lítið.

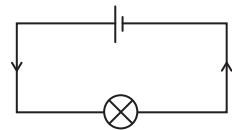
5

Hvers vegna eru tvö göt í venjulegum vegg tengli (innstungu)?

6

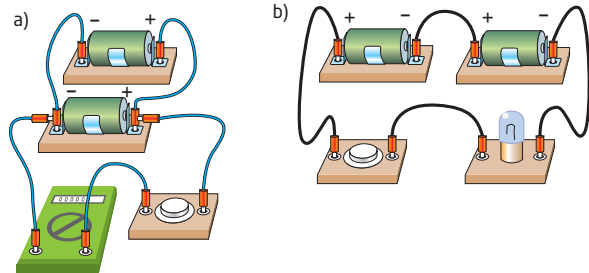
Kennarinn hefur sett saman straumrásina hér til hægri og spyr nemendur sína hvar straumurinn muni vera sterkastur. Hvaða möguleiki er réttur?

- A: Straumurinn er sterkastur strax á eftir jákvæða skautinu.  
 B: Straumurinn er jafnstærkur alls staðar.  
 C: Straumurinn er jafnstærkur alla leiðina að perunni en síðan verður hann veikari.  
 D: Vegna þess að rafeindirnar koma frá neikvæða skautinu er straumurinn sterkastur næst því.



7

Teiknaðu tengimynd af tengingunum sem myndirnar sýna.



- 8 Eru fullyrðingar þeirra réttar? Færðu rök fyrir svarinu.

Sumarið er gott af því að þá sparast orka.

A



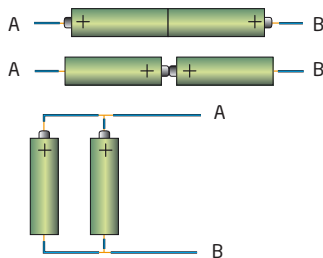
Sumarið er gott vegna þess að það er bjart langt fram á kvöld.

B



- 9 Á mörgum vitum má sjá málmstöng sem rís hæst. Hvaða hlutverki gegnir hún?

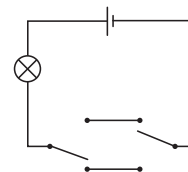
- 10 Tvær 1,5 V rafhlöður eru tengdar saman á þá þrjá vegu sem myndirnar sýna. Voltmælir er tengdur milli punktanna A og B. Hvað sýnir mælirinn í hverju tilviki?



- 11 Perurnar í aðventuljósinu lýsa ekki. Guðmundur tekur allar perurnar úr og setur nýjar perur í. Gömlu perunum er skilað á endurvinnslustöð. Dettur þér í hug betri aðferð til þess að fá aðventuljósið til að virka?

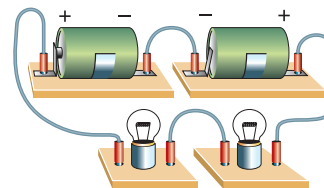


- 12 Við stiga í húsum er oft straumrofi (slökkvari) bæði niðri og uppi. Þá eru notaðir svokallaðir samrofar (tvíhliða straumrofar). Tengimyndin sýnir hvernig þetta getur litið út í reynd. Útskýrðu fyrir félagi þínum hvernig þetta virkar sem heild.



- 13 Í herbergi eru þrjár perur, 1, 2 og 3. Í öðru herbergi eru þrír straumrofar (slökkvarar), merktir A, B og C. Slökkt er á öllum perunum. Þú átt að finna út hvaða pera er tengd hverjum rofa. En þú mátt bara fara einu sinni inn í herbergið með rofunum. Hvernig ferðu að þessu?

- 14 Tvær rafhlöður eru tengdar tveimur perum, en perurnar lýsa ekki. Við getum að sjálfsgöðu snúið annarri rafhlöðunni við og þá lýsa báðar perurnar eðlilega. Við getum hins vegar náð sama árangri með því að tengja leiðslu inn í straumrásina. Hvernig á að tengja leiðsluna?







Fiðluleikarinn strýkur boganum eftir strengjunum og þá myndast hljóð. Hvernig verður hljóðið til og hvernig berst hljóð í lofti?

## 2 HLJÓÐ

### Falleg tónlist er líka eðlisfræði

Þegar fiðluleikarinn David Garret laðar fram fyrstu tónana á fiðlunni fyllast áheyrendur unaðslegri kennd. Heilinn tengir saman það sem eyrun og augun skynja og skapar ákveðna tilfinningu í öllum líkamanum. Það er hins vegar mismunandi hvernig hver og einn í hópnum skynjar tónlistina. Hvort sem þeir heyra hana sem undurfagra tóna eða skerandi sarg eru það sömu hljóðbylgjur sem berast að eyrum allra í tónleikasalnum.

00:06  
83,1 (max)  
**61,3** dB(A)



**Stöðva mælingu**

**Deila**

Við getum mælt hljóðstyrk við mismunandi aðstæður með farsímanum. Við hvaða hljóðstyrk heldur þú að hávaðinn verði óbærilegur?



Orka vindsins er græn og ókeypis. Á Íslandi eru enn sem komið er mjög fáar vindmyllur og mun færri en til dæmis í Danmörku. Hver gæti skýringin verið?

## Í ÞESSUM KAFLA LÆRIR ÞÚ

- hvernig hljóð myndast og hvernig það berst
- hvernig hljóð myndast í mismunandi hljóðfærum
- um eiginleika hljóðsins, til dæmis muninn á veikum og sterkum tónum og háum og lágum tónum
- hvernig hljóð er mælt og að hljóðumhverfi getur haft áhrif á heilbrigði fólks
- um uppgötvanir fyrr og nú og hvernig þær hafa haft áhrif á tónlistariðnaðinn og hvernig þær hafa bætt hljóðumhverfi fólks

## EFNI KAFLANS

2.1 Hvað er hljóð?

2.2 Tónar og tónlist

2.3 Hljóð til góðs og til ills

Í BRENNIDEPLI

Er lífshættulegt að nota heyrnartól í umferðinni?

# Hvað er hljóð?

Pegar stúlkan slær á strengina taka þeir að sveiflast. Þegar hún syngur þrýstir hún lofti yfir raddböndin svo að þau fara að sveiflast (titra). Það eru sveiflurnar sem mynda hljóðbylgjur.

2.1

## Hvað er hljóð?

Í viðlaginu fyllir röddin allan salinn. Um leið heyrum við fínlega hljóma gítarsins. Þetta hljómar stórkostlega, er engu líkt! En ef ekkert loft væri í salnum myndi enginn heyra nokkurn skapaðan hlut.

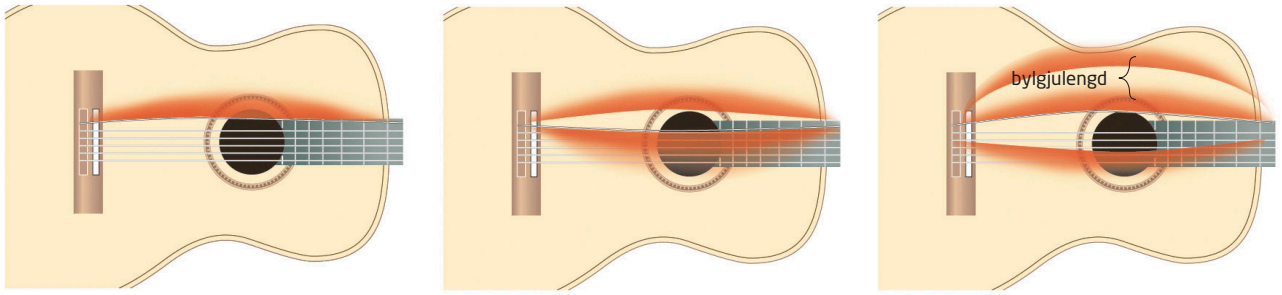
### Hljóð myndast vegna sveiflna

Þegar stúlkan leikur á gítarinn hreyfast strengirnir hratt fram og aftur – þeir *sveiflast*. Þess vegna heyra félagar hennar í salnum *hljóð*. Það sama á sér stað þegar hún byrjar að syngja, en nú eru það raddbönd hennar sem sveiflast þegar hún þrýstir lofti um þau. Hvað veldur því að félagarnir heyra sönginn og tónana frá gítarinum?

Skýringin er sú að þegar hún slær streng tekur hann að sveiflast. Þegar strengurinn hreyfist upp á við þrýstir hann saman loftinu sem er yfir strengnum. Sameindir loftsins verða því nær hver annarri en áður. Sagt er að loftið *þéttist*. Undir strengnum gerist hið gagnstæða og þar verður lengra milli sameinda loftsins en áður. Loftið *þynnist* þar. Þegar strengurinn hreyfist niður gerist það sama, en bara þveröfugt.

Strengurinn sem sveiflast, skapar *bylgjur* úr þéttara og þynnra lofti sem berast burt frá hljóðfærinu og breiðast út til allra átta. Til verður *hljóðbylgja*. Fjarlægðin milli tveggja þynninga eða tveggja þéttinga nefnist *bylgjulengd*. Á nokkrum sekúndubrotum berst hljóðbylgjan frá gítarstrengjunum og raddböndunum til eyrna hlustendanna. Í eyrum þeirra eru hljóðhimnur sem taka að sveiflast á sama hátt og strengirnir og raddböndin. Heilinn fær boð eftir heyrnar- tauginni og hlustendurnir heyra tónlistina.





Þegar gítarstrengurinn sveiflast fram og aftur myndast bylgjur úr þéttara og þynnra lofti sem breiðast út í loftinu.

### Geimurinn er þögull

Þegar leikið er á gítar ýtir strengurinn á þær sameindir loftins sem eru næstar honum. Þær ýta svo aftur á sameindir sem eru örlitlu fjar strengnum og þannig koll af kalli. Hljóðbylgja er því keðjuverkun milli sameinda sem færast úr stað. Ef við spilum tónlist mjög hátt getum við fundið fyrir hreyfingu loftins ef við leggjum hönd fyrir framan hátalarann.

Vegna þess að hljóð er sveiflur sem berast út með því að sameindirnar ýta hver á aðra getur hljóðið einnig breiðst út til dæmis í vatni, tré eða málmi. Það kemur sér vel því annars gætu hvalir ekki tjáð sig hver við aðra í höfunum.

Í *loftsemi* eru engar sameindir sem geta ýtt hver á aðra. Þess vegna dreifist hljóð ekki í geimnum. Það merkir að alger þögn ríkir til dæmis á tunglinu, jafnvel þótt stórir loftsteinar skelli á yfirborð þess.

Í geimnum ríkir alger þögn. Hljóðbylgja dreifist ekki nema loft, vatn eða annað efni sé fyrir hendi. Geimfarar verða því að hafa fjarskiptatæki í geimbúningnum til að geta talað hver við annan.

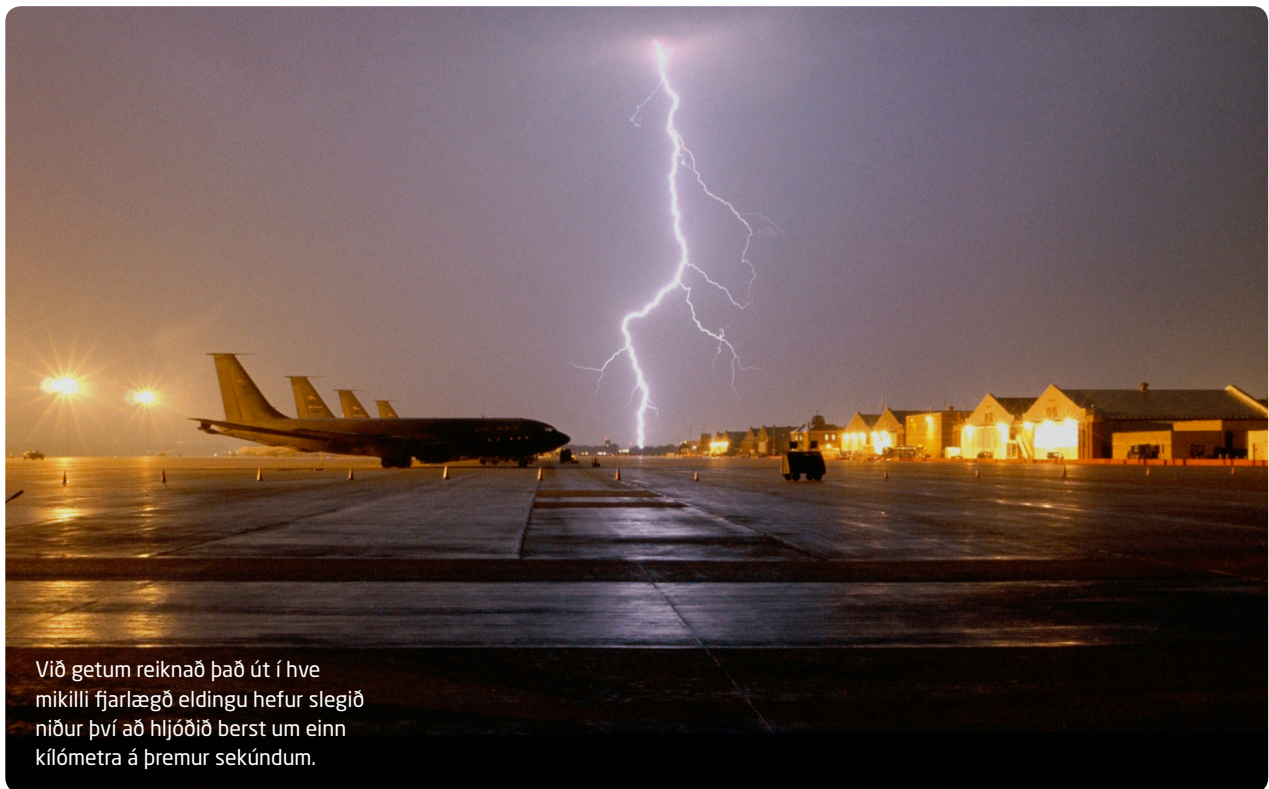


### Hraði hljóðsins

Hversu langan tíma skyldi það taka hljóðið að berast frá hátölurunum til eyrna þinna? Hljóðbylgjur breiðast út til allra átta með tilteknum hraða. Í lofti er hraðinn um það bil 340 m/s. Ef þú ert á fjölmennum tónleikum og ert 340 metrum frá sviðinu tekur það hljóðbylgjurnar eina sekúndu að berast frá hátölurunum og til þín. Ef þú ert aðeins í 34 metra fjarlægð frá sviðinu berst hljóðið til þín á 0,1 s.

Hljóðið berst hraðar í vatni en í lofti. *Hljóðhraðinn* í vatninu er um 1500 m/s. Hljóðið berst líka hraðar í jörðu en í lofti.

Þegar þrumuveður geisar sjáum við eldinguna fyrst og síðan heyrum við þrumuna. Glampinn frá eldingunni ferðast með mesta hraða sem við þekkjum, með ljóshraða. Þruman berst hins vegar aðeins með hraða hljóðsins. Við sjáum því eldinguna nánast um leið og henni slær niður. Hljóðið er hins vegar um þrjár sekúndur að berast einn kílómetra. Það þýðir að það líða um það bil þrjár sekúndur áður en við heyrum þrumuna ef eldingin er í eins kílómetra fjarlægð, sex sekúndur ef hún er í tveggja kílómetra fjarlægð og svo framvegis.



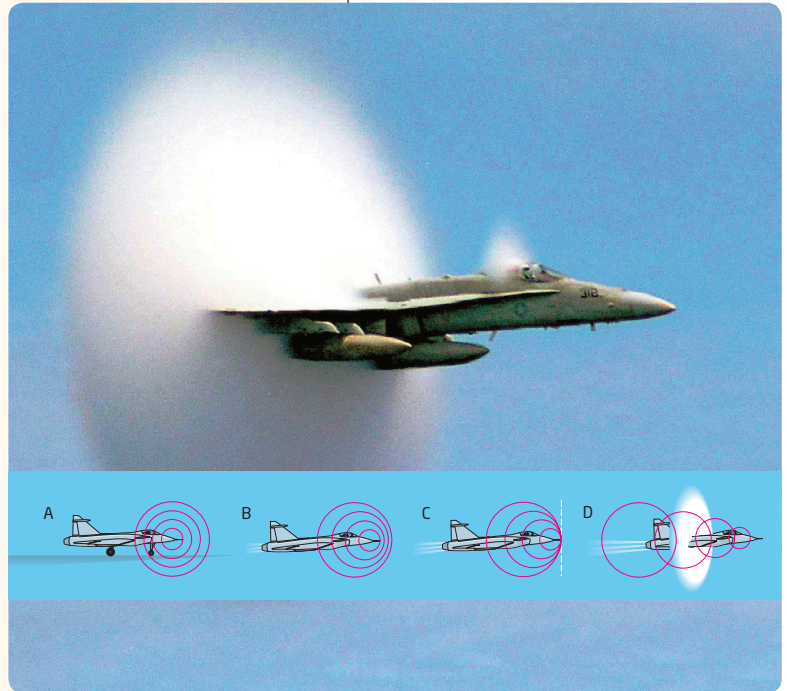
Við getum reiknað það út í hve mikilli fjarlægð eldingu hefur slegið niður því að hljóðið berst um einn kílómetra á þremur sekúndum.

## ITAREFNI

### HVAÐA FYRIRBÆRI ER HLJÓÐMÚRINN?

Pota stendur á flugbrautinni. Potuhreyfillinn er keyrður á fullu og hávaðinn berst frá honum. Potan fer af stað og hefur sig á loft. Hljóðið berst stöðugt út til allra átta, líka í þá átt sem þotan fer. Hraði hljóðsins er um það bil 340 m/s. Þegar þotan hefur litlu síðar náð meiri hraða en 340 m/s gerist það að hún rýfur hljóðmúrinn. Höggbylgjan, sem myndast þegar þotan nær að rjúfa hljóðmúrinn, veldur því að loftið þrýstist saman þannig að vatnsgufa þéttist í vatnsdropa. Droparnir sjást sem kringlóttur skýjahnoðri.

Þegar þotan flýgur hraðar en hljóðið nær hún sínum eigin hljóðbylgjum sem bárust frá henni rétt áður. Nýjustu hljóðbylgjurnar „staflast“ upp á þær sem eru aðeins eldri. Þegar hljóðbylgjustafllinn nær til jarðar heyrir mjög öflugur hvellur. Flugmaðurinn heyrir hins vegar engan hvell af því að hann flýgur svo hratt að hljóðbylgjurnar frá hvelinum ná þotunni aldrei.



## Tíðni

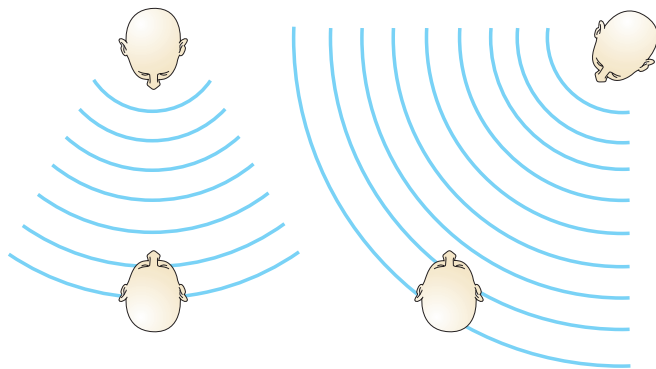
Við heyrum vel hljóðið frá til dæmis gítar eða söngvara, því að eyru okkar nema slík hljóð vel. Ef hljóðið verður hins vegar of hátt eða of djúpt heyrum við það ekki.

Menn heyra hljóð sem er af *tíðninni* frá 20 Hz og upp í 20 000 Hz, en hvorki hljóð með minni né meiri tíðni. Næmið er þó svolítið breytilegt eftir mönnum. Með aldrinum minnkar hæfileikinn til þess að greina hljóð af hárrí tíðni. Tíðnin verður sem sagt að vera minnst 20 herts (eða 20 rið, táknað Hz) til að við heyrum hljóð. Tíðnin er fjöldi sveiflna á sekúndu og er mæld í hertsum (Hz). Eitt herts er þegar ein sveifla myndast á sekúndu.

Dýpstu bassaraddir eru um 80 Hz og ef bassasöngvari kæmist niður í 20 Hz myndum við enn heyra röddina en ekki þar fyrir neðan. Þá hættir hljóðið að mynda samfelldan tón.



Menn heyra hljóð sem er af tíðninni frá 20 Hz og upp í 20 000 Hz. Þegar við eldumst versnar heyrnin þannig að við heyrum ekki hljóð af hæstu tíðninni.



Hljóð, sem berst frá hlið, berst svolítið síðar til annars eyrans. Við notum þennan litla tímamun til þess að ákvarða hvaðan hljóðið kemur.

### Hvers vegna eru eyrun tvö?

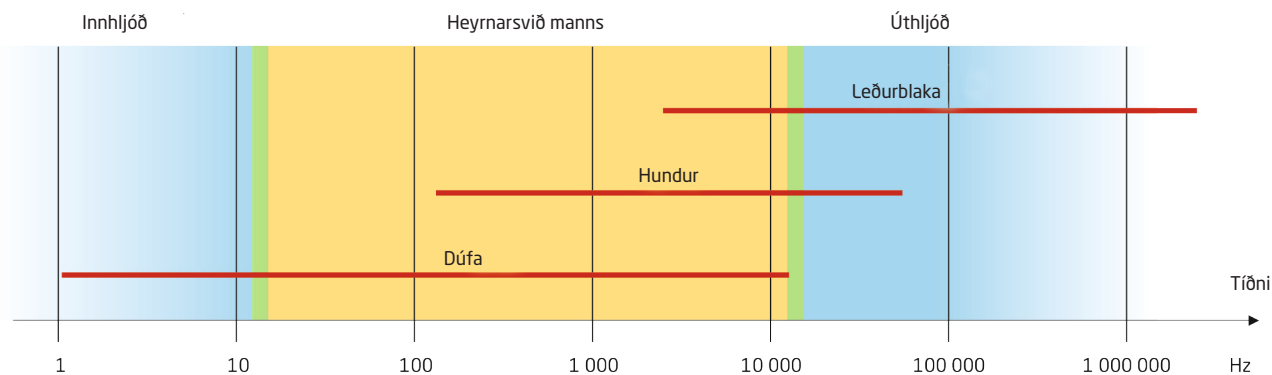
Ef við hefðum ekki tvö eyru væri erfitt að greina hvaðan hljóð kemur. Þegar hljóðið kemur beint framan frá berst það samtímis til beggja eyrnanna. Ef hljóðið kemur frá hlið nær það til annars eyrans á undan hinu. Boð um þennan litla mun á tíma berast til heilans sem túlkar hann og þannig getum við greint hvaðan hljóðið kemur.

### Innhljóð og úthljóð

Hljóð, sem hefur lægri tíðni en 20 Hz, nefnist *innhljóð*. Innhljóð myndast meðal annars í flugvéllum, í loftræstikerfum, í eldfjöllum og þegar öflugir vindar geisa. Þótt við heyrum ekki þessi hljóð geta þau samt haft áhrif á okkur. Við getum til dæmis þjáðst af höfuðverk eða fundið fyrir þreytu. Mörg dýr nota innhljóð til að tjá sig hvert við annað, til dæmis fílar og hvalir. Hljóð af svo lágri tíðni hefur þann kost að það berst mjög langar leiðir og dýrin geta því haft samskipti þótt mjög langt sé milli þeirra.

Sum önnur dýr heyrja hljóð sem er af hærri tíðni en 20 000 Hz, meðal annars hundar. Til eru hundaflautur með svo hárrí tíðni að enginn maður heyrir hljóðið. Hundar heyrja það hins vegar vel. Hljóð af tíðni yfir 20 000 Hz nefnist *úthljóð*.

Gula svæðið sýnir heyrnarsvið manns.



## ITAREFNI

### SVEIFLUTÍMI OG TÍÐNI

*Sveiflutími* er sá tími sem það tekur gítarstreng að ljúka heilli sveiflu, það er með öðrum orðum sá tími sem það tekur strenginn að sveiflast fram og til baka. Ef sveiflutíminn er 0,01 s merkir það að strengurinn nær að sveiflast fram og til baka 100 sinnum á sekúndu. Tíðnin er þá 100 Hz.

Við getum reiknað tíðnina með því að deila sveiflutímanum í sekúndum upp í 1 s.

$$tíðni = \frac{1}{sveiflutími}$$

Ef við táknum tíðnina með  $f$  og sveiflutímann með  $T$  getum við sett formúluna upp svona:

$$f = \frac{1}{T}$$

#### DÆMI 1

Strengur sveiflast með sveiflutímanum 0,005 s. Af hvaða tíðni er tónninn sem þá myndast?

$$f = \frac{1}{0,005} \text{ Hz} = 200 \text{ Hz}$$

**SVAR:** Tíðnin er 200 Hz.

#### DÆMI 2

A-strengurinn á gítar sveiflast með tíðninni 110 Hz. Hver er sveiflutíminn?

$$110 = \frac{1}{T}$$

$$T = \frac{1}{110} \text{ s} \approx 0,009 \text{ s}$$

**SVAR:** Sveiflutíminn er um 0,009 s.



## SIÁLFSPRÓF UR 2.1

### ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

• hljóðbylgja • bylgjulengd • tíðni • úthljóð • innhljóð

- Hvernig myndast hljóð?
- Hver er hraði hljóðsins:
  - í lofti?
  - á tunglinu?
- Þú heyrir þrumu níu sekúndum eftir að þú sást eldinguna. Í hversu mikilli fjarlægð sló eldingunni niður?
- Vængir býflugnu sveiflast fram og aftur um það bil 250 sinnum á sekúndu. Sveiflurnar skapa hljóð. Hver er tíðni hljóðsins?
- Á hvaða tíðnbili er það hljóð sem mannseyrað heyrir?
- Útskýrðu hvernig við getum greint hvaðan hljóð kemur.
- Er einfaldara að greina í vatni hvaðan hljóð kemur en að greina það í lofti? Útskýrðu hvernig þú hugsar niðurstöðuna.
- Hver er tíðni tóns sem hefur sveiflutímann 0,005 s?
- Útskýrðu það sem gerist þegar þota „rýfur hljóðmúrinn“.





## 2.2 Tónar og tónlist

Á skömmum tíma hafa möguleikar til þess að skapa tónlist og hlusta á tónlist gjörbreyst. Nú nota menn gjarnan tölvu til þess að semja eða hlusta á tónlist. Þróunin hefur átt sér stað með ótrúlegum hraða í yfir 50 ár en hún hefur þó verið örust allra síðustu árin. Það er alveg ljóst að aldrei hefur verið auðveldara að taka upp eigin tónlist og hlusta á hana eða hlusta á tónlist annarra en einmitt nú. Við getum hlustað hvar sem er og hvenær sem er á tónlist.

### Stilling hljóðfæra - háir og lágir tónar stilltir

Píanó hljómar ekki vel nema það sé *stillt* öðru hverju. Það er fólgið í því að mismunandi strengir píanósins eru stilltir þannig að þeir hljómi rétt hver með tilliti til annars. *Tónkvísl* er einfaldasta verkfærið sem menn geta notað við stillinguna.

Ef slegið er á tónkvísl taka tindar hennar að sveiflast fram og aftur með tíðninni 440 Hz. Ef eyra er lagt við tónkvíslina heyrir tónn af sömu tíðni. Tónn af tíðninni 440 Hz nefnist *staðaltónn* (kammertónn), eða einstrikað a. A-strengur fiðlu hefur sömu tíðni en næstdýpsti strengurinn á gítar er líka a-strengur sem hefur bara tíðnina 110 Hz. Hver strengur í píanói eða á fiðlu hefur ákveðna tíðni og myndar því sinn eigin tón sem er öðruvísi en tónn allra hinna strengjanna.

Tíðni tónsins ræðst af lengd strengsins og gildleika, ásamt því hversu strekktur strengurinn er. Grannur, stuttur og vel strekktur strengur myndar tóna af stuttri bylgjulengd og hárrí tíðni – *háa tóna*. Háir tónar nefnast einnig *diskantstónar* eða diskant. Ef strengurinn er hins vegar langur, gildur og lítið strengdur myndast tónar af langri bylgjulengd og lágri tíðni – *lágir tónar*. Lágir tónar kallast einnig *djúpir tónar* eða *bassatónar*.

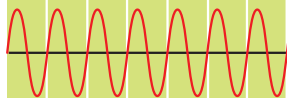
tindar



Tónkvísl hefur yfirleitt tíðnina 440 Hz og er notuð til þess að stilla píanó og önnur hljóðfæri.

HLJÓÐ

Hár tónn



Djúpur tónn



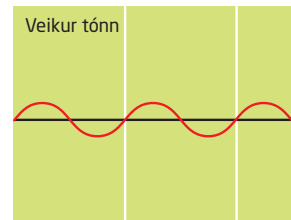
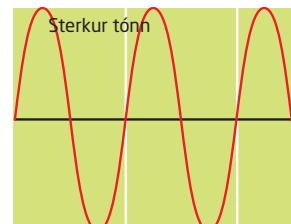
Lýsa má hljóði sem bylgjum. Stutt bylgjulengd gefur háan tón en löng bylgjulengd skapar djúpan tón.



### Sterkir og veikir tónar

Það breytir engu hvort þú slærð veikt eða sterkt á píanónótu, alltaf heyrst sami tóninn – sama tíðnin. Hins vegar ákvarðast *hljóðstyrkur* tóns af því hversu fast er slegið á nótna. Ef fast er slegið myndast sterkur tónn. Ef laust er slegið verður tónninn veikur.

Í daglegu tali blöndum við þessum hugtökum oft saman. Þú hefur ef til vill einhvern tíma fengið beiðni þess efnis að „tala hærra“. Það merkir í reynd að þú eigir að tala á hærri tíðni. En sá er það þig þessa meinar þó að hann vilji að þú talir sterkar.



Ef við sláum fast til dæmis á nótna E heyrum við tóninn E sterkt. Ef við sláum laust heyrum við tóninn E veikt. Sterkt E hefur til dæmis sömu tíðni og veikt E; bylgjulengdin er sú sama í báðum tilvikum.

## ITAREFNI

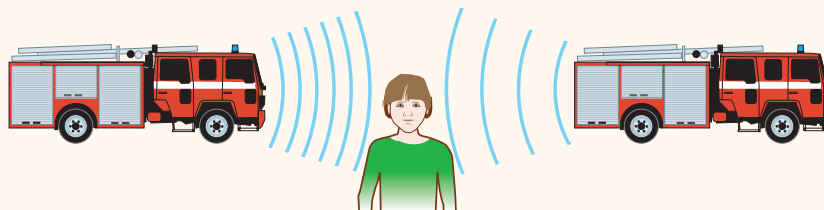
### DOPPLERHRIF

Næst þegar þú stendur við götu og heyrir slökkviliðsbíl með vælandi sírenur nálgast skaltu taka eftir því hvernig hljóðið í sírenunum breytist þegar bíllinn fer fram hjá þér. Það er eins og tíðni hljóðsins lækki þegar bíllinn er kominn fram hjá. Hver er skýringin á þessu?

Ímyndaðu þér að slökkviliðsbíll aki í átt til þín með sírenurnar á. Hljóðbylgjurnar frá sírenunum sem berast til eyrna þinna ferðast í sömu átt og bíllinn. Hljóðbylgjurnar þrýstast því

saman. Þá heyrst tónn með hærri tíðni en sírenan hefur í reynd. Þegar slökkviliðsbíllinn fer fram hjá þér snýst þetta við. Bíllinn ekur þá í áttina frá hljóðbylgjum sírenunnar og bylgjurnar þenjast því út. Þegar bylgjulengdin vex heyrst tónn sem er af lægri tíðni en sírenan hefur í reynd.

Þetta fyrirbæri kallast *dopplerhrif* eða dopplerfærsla og veldur því að hljóðið aflagast ef hljóðgjafinn er á hreyfingu.



## 2. HLJÓÐ

Fiðla er þannig löguð að hún magnar tónana sem strengirnir mynda á sem bestan máta.



### Hljóðfæri með hljómbotni

Ef við sláum tónkvísl létt við borðkant og lyftum síðan kvíslinni upp verður tónninn veikur. Ef við látum skaftið á tónkvíslinni snerta borðplötuna heyrst hljóðið hins vegar miklu betur. Þetta stafar af því að borðplatan tekur að sveiflast með sömu tíðni og tónkvíslin. Borðplatan hjálpar þá til við að mynda hljóðbylgjur. Þetta fyrirbæri nefnist *meðsveifla* eða *herma*.

Mörg hljóðfæri hafa svokallaðan *hljómbotn*. Á fiðlu er það bæði framhliðin og bakið sem eru hljómbotninn. Hljómbotninn gegnir því hlutverki að magna tóna fiðlustrengjanna. Þegar boga er strokið um fiðlustreng sveiflast fiðlukassinn og loftið inni í honum af sömu tíðni og strengurinn. Tónninn verður sterkari, hann magnast.



Í hljóðgervli eru það straumrásir sem skapa sveiflur sem mynda síðan hljóðbylgjur. Þær eru magnaðar upp með rafeindatækni.

### Hljóðgervlar hafa engan hljómbotn

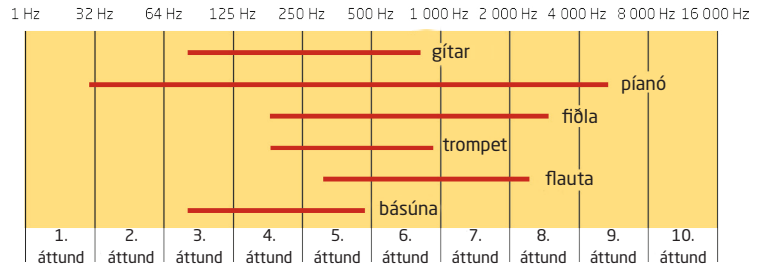
Sum hljóðfæri hafa ekki hljómbotn sem magnar upp hljóðið heldur er mögnunin fengin með öðrum aðferðum. Æ fleiri hljóðfæri eru þannig að hljóðið er magnað upp á *rafrænan* hátt. Þetta á meðal annars við um rafmagnsgítara, rafhljómborð og hljóðgervla.

Rafmagnsgítar hefur vissulega strengi sem sveiflast en á þessum gíturum er yfirleitt enginn hljómbotn. Þess vegna eru rafmagnsgítarar tengdir bæði við magnara og hátalara sem skila hljóðinu frá sér. Í hljóðgervli er hljóðið algerlega myndað á rafrænan hátt. Við myndum ekki heyra nokkurn skapaðan hlut í hljóðfærinu ef hljóðið væri ekki magnað upp í magnara.

## Yfirtónar og áttundir

Hvers vegna hljómar einn og sami tónninn ekki eins þegar hann er leikinn á píanó og trompet? Skýringin liggur í því að hvert hljóðfæri gefur frá sér svokallaða *yfirtóna*, auk *grunnþónsins*. Styrkur hinna ýmsu yfirtóna er ólíkur eftir hljóðfærum og þetta gefur hverju hljóðfæri sinn sérstaka tónblæ.

Menn heyra bara hljóð á tíðnisviði sem er 20–20 000 Hz. Þessu tíðnisviði er yfirleitt skipt í minni hluta sem nefnast áttundir. Þær heita *áttundir* af því að hverri áttund er skipt í átta tóna. Hver tónn í áttund hefur tvöfalt hærrí tíðni en samnefndur tónn í næstu áttund fyrir neðan. Píanó spannar rúmar sjö áttundir en básúna getur eingöngu leikið tóna í 3., 4. og 5. áttund.



Heyrnarsviði manns er skipt niður í áttundir. Tónarnir í áttund hafa tvöfalt hærrí tíðni en tónarnir í áttundinni fyrir neðan.

## Þróun í tónlistarheiminum

Á tæpri hálfri öld hafa tónlistarmenn og vísindamenn í sameiningu gjörbreytt tækninni við að búa til og nota hljóð. Nú gerist nánast allt með hjálp tölvu og annarra rafeindatækja. Nú eru til tæki sem herma eftir tónblæ gamalla, órafmagnaðra hljóðfæra. Áður var feikilega dýrt að taka upp tónlist og það útheimti tækjabúnað sem var bara til í sérstökum upptökusölum. Nú eru til tölvuforrit sem líkja eftir gamla upptökubúnaðinum og þess vegna geta nánast allir tekið upp lög á sína eigin tölvu.

Aðferðin við að dreifa tónlist hefur líka breyst. Áður var tónlist dreift til hlustenda með hljómplötum, kassettum eða geisladiskum. Nú nær tónlistin til allra sem eru tengdir netinu.

Þróunin hefur gerbreytt öllum tónlistariðnaðinum. Áður skipti það mestu máli að selja plötur eða diska. Nú er mikilvægara að skipuleggja tónleika.

Nótur, mismunandi stafræn hljóðfæri og upptökuforrit eru nú öll samtengd í tölvu.



## VISINDALEG PÞROUN

### DREIFING TÓNLISTAR - FYRR OG NÚ

- 1877 Fyrsta upptaka á hljóðrita Edisons var varðveitt á hólki úr tinþynnu.
- 1919 Þjetur Á. Jónsson syngur inn á fyrstu íslensku hljómplötuna 23. ágúst.
- 1936 Bell Telephone Laboratories hóf tilraunir við rafræna upptöku á plötur.
- 1948 Þýska fyrirtækið AEG hóf sölu á fyrstu segulbandstækjunum, „Magnetophon“.
- 1963 Segulbandskassetturnar „MusicalCasette“ frá hollenska fyrirtækinu Philips koma á markað.
- 1979 Hollenska fyrirtækið Philips kynnir stafræna hljómskífu, geisladiskinn.
- 1995 Fyrsti mp3-spilarinn fyrir tölvur kemur á markað.
- 2009 Spotify tekur að selja tónlist sem er dreift á netinu.



## SIALFSPRÓF UR 2.2

### ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

- staðaltónn
- hár og djúpur tónn
- sterkur og veikur tónn
- með sveifla

1. Hvernig á strengur að vera til þess að hann myndi sem hæstan tón? Á hann að vera langur eða stuttur, grannur eða gildur, og vel eða lítið strekktur?
2. Þú slærð á tónkvísl og heyrir þá tón. Síðan lætur þú tónkvíslina snerta borðplötu.
  - a) Hvernig breytist tíðni tónsins?
  - b) Hvernig breytist styrkur tónsins?
3. Nefndu hljóðfæri þar sem tónninn er magnaður:
  - a) með því að nýta með sveiflu,
  - b) á rafrænan hátt.
4. Þegar einhver er beðinn um að „tala hærra“ er notað óskýrt orðalag. Útskýrðu af hverju þetta er ekki nákvæmlega orðað.
5. Hvers vegna hljómar sami tónn mismunandi eftir því á hvaða hljóðfæri hann er leikinn?
6. Hvernig hefur dreifing tónlistar breyst á síðustu áratugum?
7. Hvaða tíðni hefur staðaltónninn?
8. a) Hvað eru dopplerhrif?  
b) Útskýrðu af hverju dopplerhrifin koma fram.

## 2.3 Hljóð til góðs og ills

Hvernig eru aðstæðurnar þar sem þú býrð? Heyrir þú fuglana syngja og vindinn gnauða í trjám eða býrð þú við ærandi hávaða frá umferðinni? Hlustar þú kannski alltaf á tónlist á miklum styrk? Einfalt er að finna út hvaða hljóð geta skaðað heyrnina. Ein aðferð til þess er að hlaða niður *hljóðmæli* í farsíma þínum og mæla svo hljóðstyrkinn.



### Úthljóð eru notuð í lækningum

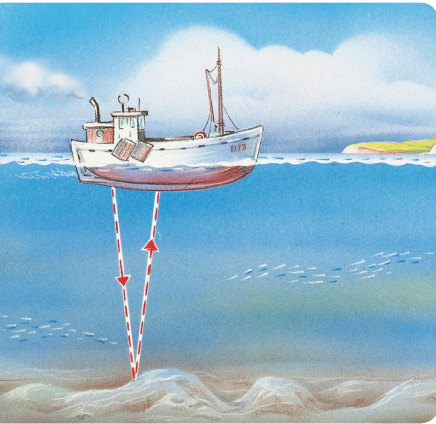
Í heilbrigðisgeiranum eru úthljóð notuð við margvíslegar rannsóknir. Ljósmeður, læknar og dýralæknar nota úthljóð til að rannsaka sjúklinga sína. Það eru ekki bara fóstur sem eru skoðuð með úthljóðum í *ómsjám* heldur einnig ýmis mjúk líffæri, svo sem leg, nýru, gallblaðra og hjartað. Flestir hafa líklega heyrt talað um *ómskoðun* í tengslum við meðgöngu. Íslenskum konum hefur frá árinu 1986 boðist að fara í ómskoðun í 18.–20. viku meðgöngu.

Úthljóðið, sem er notað við þessar rannsóknir, hefur tíðnina 3–7 milljónir Hz og fram til þessa hefur ekki komið fram nein vísbending um að einhver áhætta tengist notkun úthljóðs í þessu skyni.

Úthljóð hafa einnig nýst til þess að hjálpa fólki sem er með nýrnasteina. Steinarnir eru þá brotnir í mola með úthljóði án þess að nokkurt líffæri verði fyrir skaða. Þessi sniðuga aðferð veldur því að fjöldi manna sleppur við að þurfa að fara í uppskurð. Opin aðgerð hefur alltaf í för með sér hættu á að eitthvað fari úrskeiðis og að fylgikvillar komi fram.

Myndin sýnir fóstur í móðurkviði, myndað með hjálp úthljóða gegnum kviðvegginn.





Sjómenn geta ákvarðað dýpt sjávar með bergmáls-dýptarmæli.

Þessi keðjusög hefur hljóðstyrkinn 93,2 dB.

## Góð aflabrögð

Ef við stöndum í dálítilli fjarlægð frá hamravegg og köllum heyrum við hljóðið koma til baka litlu síðar. Þetta byggist á því að hljóðbylgjurnar skella á hamraveggnum og hluti þeirra kastast til baka. Við heyrum *bergmál*.

Við getum mælt dýpið í vötnum og í sjó með svokölluðum *bergmáls-dýptarmæli*. Dýptarmælirinn sendir frá sér úthljóðsmerki sem skella á botninum og endurkastast þaðan. Mælirinn nemur bylgjurnar sem endurkastast og mælir hversu langan tíma það tekur hljóðið að ferðast til botns og upp aftur. Fjarlægðin er reiknuð með því að margfalda hraða hljóðs í vatni (1500 m/s) með helmingnum af mælda tímanum. Bergmáls-mælir er einnig notaður til þess að lóða á fisktorfur í sjó. Hljóðbylgjurnar rekast á torfurnar og mælirinn segir til um hversu djúpt þær eru í sjónum.

Leðurblökur nota sömu tækni til þess að rata í myrkri. Á flugi senda þær frá sér úthljóð af tíðninni 30 000–80 000 Hz. Þær nema endurkast hljóðbylggnanna frá nálægum hlutum og fá þannig nokkurs konar mynd af umhverfi sínu. Þessi tækni veldur því að þær geta flogið í algeru myrkri.



## Hljóðstyrkur er mældur í desibelum

Styrkur hljóðbylgna kallast hljóðstyrkur og hann er mældur í *desibelum* (dB). Við heyrum varla hljóð sem er 10 dB, en 120 dB hljóð veldur sársauka, það sker í eyrum. Ef hávaðinn er undir 85 dB er hætta á heyrnarskaða lítil.

Mikill munur er hins vegar á 85 dB og 120 dB. Desibelkvarði er þannig gerður að ef hljóðstyrkurinn eykst um 10 dB skynjum við tvöfalt meiri hávaða við efri mörkin. Ef hávaði frá fólkubíl mælist til dæmis 90 dB og hávaði frá vörubíl er 100 dB finnst okkur að hávaðinn í vörubílnum sé tvöfalt meiri en frá fólkubílnum. Hljóð frá keðjusög er sársaukafullt fyrir eyrun. Þess vegna er nauðsynlegt að vera með heyrnarhlífar þegar unnið er með slíkum tækjum.

## SAGNFRÆÐI

## FRUMKVÖÐLAR SÍMATÆKNINNAR

Einingin fyrir hljóðstyrk, desibel, er dregin af nafni þess er fann upp símann, *Alexanders Grahams Bell*. Árið 1876 sýndi hann fram á það að hægt væri að flytja hljóð með rafleiðslum með hjálp rafspennu og rafstraums.

Ísland er afskekkt land og fjarskipti hafa því mikla þýðingu fyrir landsmenn. Strax um aldamótin 1900 hafði komið fram áhugi hér á landi um að tengja landið öðrum löndum með símastreng. Á Alþingi urðu mikil átök á árunum 1905–1906 um það hvernig best væri að haga fjarskiptum við útlönd. Margir töluðu fyrir lagningu sæsíma (sæstrengs) til landsins en aðrir vildu nota loftskeytatækni og töldu hana bæði ódýrari og öruggari. Mikil mótmæli urðu gegn símalausninni og meðal annars lögðu um 200 manns af Vestur- og Suðurlandi leið sína til Reykjavíkur sumarið 1905 og héldu mótmælafund, sem síðar var nefndur bændafundurinn. Niðurstaðan varð þó sú að samþykkt var árið 1905 að leggja sæstreng til Seyðisfjarðar og landlínu þaðan til Reykjavíkur. Framkvæmdir hófust og framkvæmdum var lokið í september 1906. Allar deilur höfðuðu fljótt í kjölfarið.



## Mikill hljóðstyrkur getur skaðað heyrnina

Lengi hefur verið unnið að því að draga úr hljóðstyrk (hávaða) í umhverfi okkar. Á mörgum vinnustöðum hefur ástandið lagast mikið. Áður fyrr voru einkum verksmíðjur og verkstæði mjög hávaðasöm og margir starfsmenn urðu fyrir *heyrnarskaða*. Enn er mikill hávaði á sumum vinnustöðum en starfsmönnum er nú skylt að nota *heyrnarblífar*.

Grípur þú venjulega fyrir eyrun þegar þú heyrir mikinn hávaða, til dæmis ef þú ert við flugvöll og þota flýgur upp með ærandi gny? Það getur verið nauðsynlegt þar sem hávaði er mikill, einkum við miklar umferðargötur og á flugvöllum. Hljóðstyrkurinn getur líka verið allt of mikill í kvikmyndasölum, á tónleikum og þegar hlustað er á tónlist með heyrnartólum. Það er athyglisvert að heyrnin getur skaðast bæði vegna fagurrar tónlistar og ærandi hávaða. Á klassískum tónleikum geta hljóðin í sumum hljóðfærum verið jafnstærk og hljóðið í keðjusög.



Með svona hljóðmæli getum við séð hvenær hljóðstyrkurinn í skólastofu verður of mikill. Áður en hávaðinn verður of mikill fer guli hringurinn að blikka. Fari hávaðinn yfir hámarksmörkin lýsist rauði depillinn upp og blikkar. Vilt þú hafa svona hávaðamæli í skólastofunni þinni?





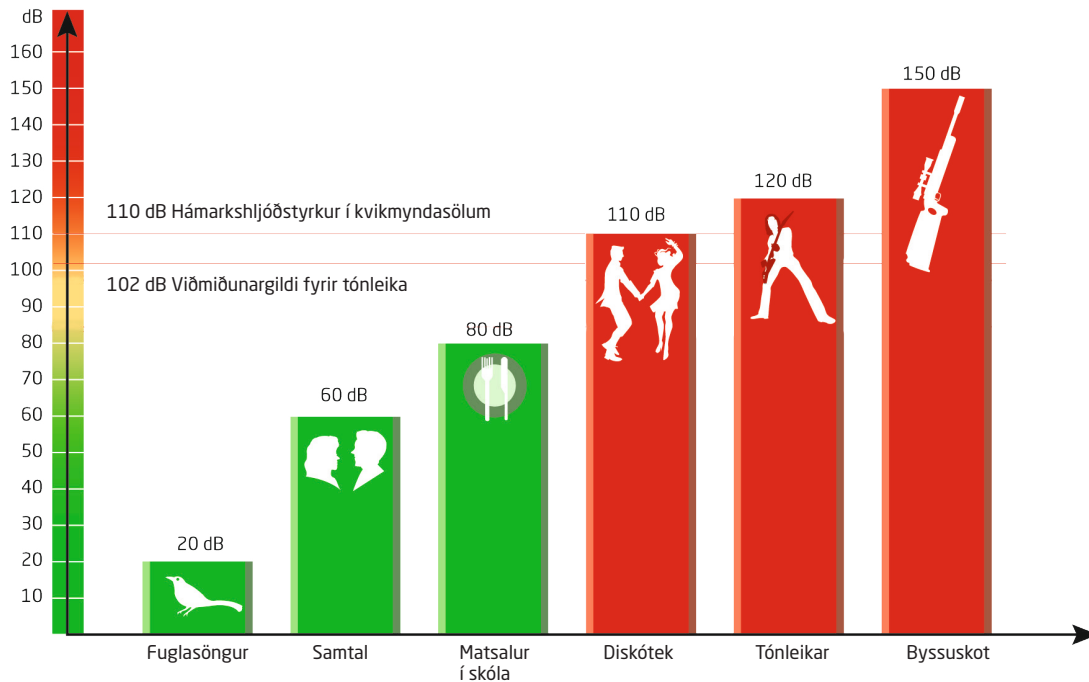
Pegar spaðar vindmyllu kljúfa loftið myndast hvinur sem getur verið óþægilegur fyrir fólk sem býr í nágrenninu.

### Hávaði er umhverfisvandi

Á hverju ári rís einhvers staðar nýtt mannvirki í umhverfi okkar. Þetta getur átt sér stað í nágrenni þínu þar sem þú býrð. Þessi mannvirki geta verið nýir vegir, brýr, flugvellir, verksmiðjur, vatnsorkuver eða vindmyllur. Hluti skipulagsvinnunnar felst í því að kanna hvaða áhrif viðkomandi mannvirki muni hafa á umhverfið ef það verður að veruleika. Mennta reyna að átta sig á afleiðingunum fyrir umhverfið með því að kanna fyrirfram hversu mikill skaðlegur hávaði muni hljóttast af fyrirhugaðri starfsemi. Vindmyllur eru nú byggðar í stórum stíl víða um heim, sums staðar í grennd við byggð. Þegar vindmyllur eru byggðar er mikilvægt að gæta þess að þær hafi ekki neikvæð áhrif á umhverfið. Meðal annars þarf að gæta þess að hávaðinn frá myllunum fari ekki yfir 40 dB hjá þeim sem búa í næsta nágrenni við þær.



Er hljóðstyrkurinn of mikill? Notaðu heyrnarhlífar! Annars getur heyrnin skaðast.



## Verndaðu heyrnina

Það er ekki síður mikilvægt að gæta að hávaða í frítíma sínum. Þegar við hlustum á tónlist, erum á dansgólfinu eða förum á tónleika er hljóðstyrkurinn hluti af upplifuninni. Illu heilli getur mikill hljóðstyrkur *skaðað* heyrn þína. Þá getur þú fengið *eyrnasuði*.

Um 15% barna og unglunga á aldrinum 9–16 ára þjást af eyrnasuði. Þessi kvilli einkennist af óþægilegu og stöðugu hljóði sem er þó eiginlega ekki raunverulegt. Enginn veit af hverju það stafar. Ein kenningin er sú að frumur hafi skaðast og að þær sendi fölsk boð til heilans. Áhættan á heyrnarskaða eykst til mikilla muna þótt hljóðstyrkurinn aukist bara örlítið. Hættan á að skaða heyrnina er álíka mikil hjá þeim sem hlustar á tónlist við 85 dB styrk í 8 klukkustundir og hjá þeim sem hlustar á 100 dB hljóðstyrk í 15 mínútur.

Þekking í eðlisfræði getur þó hjálpað okkur til þess að *vernda* heyrnina. Mikilvægast er að gæta að tveimur þáttum. Annar er sá að minnka hljóðstyrkinn í sjálfum hljóðgjafanum eða nota heyrnarhlífur. Ef þú ert heima að hlusta á tónlist er augljóst að þú getur minnkað hljóðstyrkinn. Ef þú ert hins vegar á tónleikum getur þú ekki haft áhrif á hljóðgjafann. Þá verður þú að draga úr styrknum með hjálp heyrnarhlífa, til dæmis eyrnatappa.



Þessar einföldu heyrnarhlífur eru til í mörgum gerðum. Fullkonnustu eyrnatapparnir eru sérstaklega mótaðir og hljóðdempun þeirra er stillanleg. Margir tónlistarmenn nota eyrnatappa (heyrnarsíur).



Varmaeinangrun verkar líka sem hljóðeinangrun. Gropið efnið veldur því að hljóðbylgjur berast illa gegnum vegg og gólf.

## Allir geta hljóðeinangrað

Ef við viljum draga úr miklum hljóðstyrk er einfaldast að koma í veg fyrir að hljóðbylgjurnar dreifist. Þegar hús eru byggð eru innveggirnir oft *einangraðir*, líkt og útveggirnir. Gropið efni, sem er að miklu leyti gert úr holrýmum sem eru fyllt lofti, er skorið til og veggirnir klæddir með því. Efnið er þannig gert að loftið helst um kyrrt í holrýmnum. Einangrunin í útveggjunum sér til þess að húsið heldur vel í hitann en einangrunin í innveggjum og í gólfi tryggir að hljóð berst mun síður milli herbergja og milli hæða. Einnig má gera hús minna hljóðbær með því að nota ofin efni. Þegar hljóðbylgjur rekast á mjúk húsgögn, teppi og gluggatjöld dofna þær. Hljóðið verður síður til truflunar.

## SIÁLFSPRÓF ÚR 2.3

### ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

- bergmál • bergmálsdýptarmælir • hljóðstyrkur
- desibel • eyrnasuð

1. Hvað heitir tækið sem er notað til að mæla hljóðstyrk (hávaða)?
2. Nefndu nokkur ráð sem þú getur notað til þess að vernda þig gegn hávaða.
3. Útskýrðu
  - a) hvernig eyrnasuð lýsir sér yfirleitt.
  - b) hvernig má draga úr hættu á því að fá eyrnasuð.
4. Nefndu dæmi um það hvernig úthljóð eru notuð í lækningum.
5. Hljóðbylgjur eru sendar til botns stöðuvatns frá báti. Hljóðbylgjurnar voru komnar til baka eftir 0,2 s. Hversu djúpt er stöðuvatnið?
6. Dag nokkurn mældist hljóðstyrkurinn 50 dB í skólastofu. Í matsalnum mældist hljóðstyrkurinn 90 dB. Hversu margfalt sterkar skynjast hávaðinn í matsalnum en í skólastofunni?
7. Hver fann upp símann?

## Í BRENNIDEPLI

### Tækninýjungar

Farsímarnir verða sífellt fullkomnari. Það á einnig við um heyrnartólin. Nú má skipta heyrnartólum í tvo flokka: þau sem loka úti öll önnur hljóð en tónlistina sjálfa og þau sem eru einnig opin fyrir hljóðum frá umhverfinu. Að sjálfsögðu nýtur þú tónlistarinnar betur ef hún heyrst ein. En þá er sú hættu fyrir hendi að þú heyrir ekki í vörubíl eða nær hljóðlausum rafmagnsbíl sem nálgast á mikilli ferð.

- Hvernig ættu ný og betri heyrnartól að vera þannig að ekki verði eins hættulegt að nota þau í umferðinni?

# ER LÍFSHÆTTULEGT AÐ NOTA HEYRNARTÓL Í UMFERÐINNI?

### Hlustunarbann - réttlátt eða ranglátt?

Á síðustu árum erum við farin að geta haft tónlist á eyrunum hvar og hvenær sem er. Það veldur því að við getum hlustað á tónlist þótt við séum að gera eitthvað annað á sama tíma. Fyrir 30 árum var útilokað að við gætum hlustað á tónlist þegar við vorum í íþróttum, á leið í skólann eða við vinnu. En tónlist í farsímum gerir okkur kleift að hlusta hvenær og hvar sem er, líka í kennslustundum í skólanum.

Á síðustu árum hefur það færst í vöxt um allan heim að ungt fólk verður fyrir alvarlegum slysum í umferðinni, einkum á jarnbrautarteinum. Þetta unga og óheppna fólk var flest eða allt með heyrnartól þegar það lenti í slysinu.

- Getur þú nefnt tilvik þar sem ekki ætti að leyfa að hlusta á tónlist í heyrnartólum?

## SAMANTÉKT

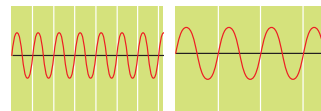
2.1

**Hvað er hljóð?**

- Hljóð myndast þegar hlutur, til dæmis strengur, sveiflast fram og aftur og myndar hljóðbylgjur.
- Hljóðbylgja er gerð úr þéttingu og þynningu efnis. Fjarlægðin milli þéttinga eða þynninga nefnist bylgjulengd.
- Hraði hljóðs í lofti er 340 m/s.
- Í lofttæmi heyrast ekkert hljóð. Hljóðbylgjur berast nefnilega eingöngu þar sem eitthvert efni er fyrir hendi.
- Með tíðni er átt við fjölda sveiflna á sekúndu. Eitt herts (eitt rið, 1 Hz) er ein sveifla á sekúndu.
- Við skynjum ekki sveiflurnar sem hljóð nema tíðnin sé á bilinu frá 20 Hz og upp í 20 000 Hz.
- Hljóð, sem er af hærri tíðni en 20 000 Hz, nefnist úthljóð og hljóð af tíðni undir 20 Hz kallast innhljóð.
- Við getum ákvarðað til dæmis dýpt stöðuvatns með bergmálsdýptarmæli.

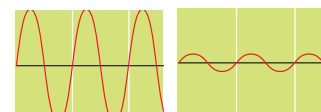


Hljóð verður til vegna sveiflna.



Hár tónn

Djúpur tónn



Sterkur tónn

Veikur tónn

2.2

**Tónar og tónlist**

- Hljóð með ákveðinni tíðni nefnist tónn.
- Tónn með hárrí tíðni nefnist hár tónn en tónn með lágrí tíðni nefnist djúpur tónn.
- Staðaltónninn er af tíðninni 440 Hz.
- Strengur skapar háan tón ef strengurinn er stuttur, grannur og vel strekktur. Ef strengurinn er langur, gildur og lítið strekktur fæst lágur tónn.
- Einn og sami tónn (af sömu tíðni) getur haft mismunandi hljóðstyrk. Sagt er að tónn sé veikur eða sterkur. Ef tíðni tóns breytist er hins vegar talað um að tónninn verði dýpri eða hærri.
- Slegið er á tónkvísl. Ef við látum hana síðan snerta borðplötu magnast tónninn. Það stafar af því að borðplatan tekur að sveiflast með sömu tíðni og tónkvíslin. Fyrirbærið nefnist meðsvæfla.



Við getum rannsakað fóstur í móðurkviði með úthljóði.

2.3

**Hljóð til góðs og ills**

- Nota má úthljóð bæði til þess að rannsaka sjúklinga og meðhöndla kvilla þeirra. Það veldur því að meðferðin tekur oft skemmi tíma og hún hefur minni áhættu í för með sér en eldri aðferðir.
- Með hljóðmæli getum við mælt hljóðstyrk. Hljóðstyrkur er mældur í einingunni desibel, táknað dB.
- Hávaði er alvarlegt umhverfisvandamál.
- Hljóðeinangrun er það að draga úr eða hindra útbreiðslu hljóðbylgna.



Hávær tónlist getur skapað heyrnina.

# LOKAHNYKKURINN

1

Tengdu hugtökin til vinstri við lýsingarnar til hægri.

- |               |                                   |
|---------------|-----------------------------------|
| 1 Tíðni       | A Fjarlægð milli tveggja þéttinga |
| 2 Úthljóð     | B Hefur tíðnina 440 Hz            |
| 3 Desibel     | C Mælieining fyrir tíðni          |
| 4 Staðaltónn  | D Er úr þéttingum og þynningum    |
| 5 Bylgjulengd | E Herma (meðsveifla)              |
| 6 Hljóðbylgja | F Mælieining fyrir hljóðstyrk     |
| 7 Meðsveifla  | G Fjöldi sveiflna á sekúndu       |
| 8 Herts (rið) | H Tíðni yfir 20 000 Hz            |

2

Hvers vegna höfum við tvö eyru? Hvaða möguleiki er réttur?

Færðu rök fyrir svarinu:

- Með tveimur eyrum heyrum við tvöfalt betur.
- Með tveimur eyrum getum við heyrt hvaðan hljóðið kemur.
- Með tveimur eyrum getum við líka heyrt tóna sem eru af lægri tíðni en 20 Hz.
- Með tveimur eyrum er minni hættá eyrnasuði.

3

Hver hefur rétt fyrir sér?

Pögn ríkir á tunglinu vegna þess að ekkert fólk lifir þar.

A



Pögn ríkir á tunglinu vegna þess að ekkert loft er á tunglinu.

B



Á tunglinu er ekkert vatn og þess vegna myndast ekkert hljóð þar.

C



Á tunglinu er ekkert nema grjót. Þess vegna ríkir dauðapögn þar.

D



4

- Þegar þrumuveður geisar heyrir þú þrumuna eftir að eldingin leiftraði. Hvers vegna heyrst þruman ekki um leið og eldingin sést?
- Kvöld eitt sér Kjartan að eldingu slær niður í tré handan við vatnið, í um 700 m fjarlægð. Hversu langur tími líður þar til hann heyrir þrumuna?
- Hljóðstyrkurinn þegar eldingunni sló niður var 110 dB. „Þetta var ekkert hættulegt,“ hugsaði félagi Kjartans. „Á diskótekunum er hávaðinn venjulega 100 dB.“ Útskýrðu af hverju félaginn hafði rangt fyrir sér.

## LOKAHDYKKURINN

- 5** Hljóð stafar af því að sveiflur myndast. Af hverju heyrst þá ekkert ef penna er sveiflað fram og aftur? Veldu einn af þessum möguleikum:
- A: Penninn er of stuttur til þess að hljóð myndist.  
 B: Penninn sveiflast ekki nægilega hratt fram og til baka.  
 C: Penninn er of stífur.  
 D: Penninn þyrfti að vera mun grennri.
- 6** Eyrnasuð er heyrnarskaði sem getur komið fram ef maður er of lengi í of miklum hávaða.
- a) Nefndu eitt ráð sem nota má til þess að komast hjá því að fá eyrnasuð.  
 b) Fyrir neðan eru nokkrar fullyrðingar um eyrnasuð. Hver af möguleikum A-D er réttur?
- A: Þú færð eyrnasuð ef þú hlustar of lengi á lélega tónlist.  
 B: Við getum hlustað á góða tónlist með eins miklum styrk og við kjósum án þess að fá eyrnasuð.  
 C: Eyrnatappar geta hjálpað þeim sem þjást af eyrnasuði.  
 D: Eyrnatappar geta komið í veg fyrir eyrnasuð.
- 7** Tengdu saman mynd og lýsingu:
- A: Sterkt hljóð með lágrí tíðni.  
 B: Veikt hljóð með hárrí tíðni.  
 C: Veikt hljóð með lágrí tíðni.
- 
- 8** Fyrir neðan eru fjórar fullyrðingar um hljóð:
- A Ef geimskip springur í geimnum heyrst ekkert hljóð.  
 B Hljóð berst ekki með málmí.  
 C Ekkert getur farið hraðar en hljóðið.  
 D Veikur tónn er það sama og lágur tónn.
- a) Hvaða fullyrðing er rétt?  
 b) Útskýrðu af hverju hinar eru rangar.
- 9** Hávaði er nú mikið samfélagsvandamál, til dæmis þegar fjölbýlishús eru byggð við miklar umferðaræðar.
- a) Nefndu dæmi um það sem menn geta gert til þess að minnka hávaðann hjá þeim sem búa við mikla umferðargötu.  
 b) Nefndu nokkur dæmi um þann mun sem er á þeim hávaða sem menn búa við í dag og þeim sem menn bjuggu við fyrir hundrað árum.
- 10** Tækniþróunin í tónlistarheiminum hefur verið ótrúlega hröð síðustu 50 árin. Nefndu dæmi um breytingar sem hafa orðið á því
- a) hvernig við hlustum á tónlist?  
 b) hvernig við semjum tónlist og tókum hana upp?

**11** Við getum kallað á hundinn okkar með hundaflautu. Þegar við blásum í flautuna heyrist ekkert en samt kemur hundurinn. Notaðu hugtakið tíðni til þess að útskýra hvernig á þessu stendur.

**12** a) Hvaða fullyrðing byggist á eðlisfræðilegri þekkingu á hljóði?

Ógnvænleg hljóð eru notuð í kvikmyndum til þess að auka spennu.

**A**



Best er að hafa hljótt í kringum sig þegar við erum að læra.

**B**



Pungarokksplötur bróður míns hljóma bara sem hávaði í mínum eyrum.

**C**



Við getum notað hljóð til þess að mæla á hversu miklu dýpi skipsflak liggur.

**D**



b) Útskýrðu það hvernig þú notar eðlisfræðilega þekkingu þína í svarinu.

**13** Hugsaðu aðferð til þess að mæla hraða hljóðs og lýstu aðferðinni. Lýstu því líka hvaða villur gætu skekkt niðurstöður tilraunarinnar.

**14** Jakobína og Kristín eru báðar þungaðar. Þær eru einmitt á leiðinni í ómskoðun til þess að láta kanna hvort fósturin séu heilbrigð. Nýttu þekkingu þína í eðlisfræði til þess að útskýra af hverju þær þurfa ekki að vera áhyggjufullar.



**Jakobína:** Ég hef svolitlar áhyggjur af því að úthljóðið geti skaðað heyrn fóstursins

**Kristín:** Engin hættu stafar af geisluninni vegna þess að þetta er bara í eitt skipti.







Veður geta verið ofboðslega öflug.  
Hvernig verða vindar til?

# 3

# VARMI OG VEÐUR

## Sólin vermir og skapar veður

Við tölum um veðrið á hverjum degi. En veist þú að hiti, vindur og úrkoma stafa af því að sólin hitar ekki alla jarðarkúluna jafnt? Við miðbaug hitnar jörðin mun meira en við heimskautin, auk þess sem mismunandi yfirborð hitnar mismikið. Þannig verður veður til. Veðurfræðingar mæla hvernig veðrið er á hverjum degi og spá fyrir um hvernig það verður á morgun og næstu daga. Hvernig verður veðrið eftir 100 ár? Vísindamenn telja að þá verði orðið hlýrra og að úrkoma verði víða meiri.



Við Sólheimajökul 2001.



Meðalhiti jarðar hækkar og jöklarnir bráðna. Hvað veldur því eiginlega? Hvaða áhrif heldur þú að þetta muni hafa fyrir Ísland? En fyrir þig?

Við Sólheimajökul 2009.

## Í ÞESSUM KAFLA LÆRIR ÞÚ

- að massi er ekki það sama og þyngd
- um það hvernig eðlismassinn breytist þegar föst efni, vökvar og lofttegundir hitna
- hvað varmaorka er og hvernig hún getur flust á þrjá mismunandi vegu
- um mismunandi veðurfyrirbæri og náttúrulegar orsakir þeirra
- um eðlisfræðileg hugtök sem eru notuð í veðurfræði til að mæla veður, spá fyrir um það og lýsa því í veðurspám
- að erfitt geti verið að spá fyrir um veður og ákaflega erfitt er að búa til loftslagslíkan til þess að spá fyrir um breytingar á loftslagi jarðar
- um það hvernig maðurinn hefur haft áhrif á loftslag jarðar með því að auka gróðurhúsaáhrifin
- hvernig þekking okkar á varmaorku hefur skilað vistvænum aðferðum til þess að beisla orku sólar, til dæmis með sólgildrum og sólarrafhlöðum
- hvernig þekking á varma og dreifingu hans hefur haft áhrif á byggingartækni, samfélagið og lífsskilyrði fólks

## EFNI KAFLANS

- 3.1 Massi, rúmmál og eðlismassi
  - 3.2 Varmi hefur áhrif á eðlismassann
  - 3.3 Varmi flyst á þrjá mismunandi vegu
  - 3.4 Veður og vindar
- Í BRENNIDEPLI
- Eru loftslagsbreytingar staðreynd?
  - 3.5 Varmaorka

## 3.1

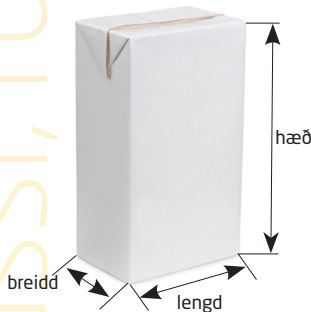
# Massi, rúmmál og eðlismassi



Staðalkílógrammið er vel varðveitt í *Alþjóðlegu stofnuninni fyrir mál og vog* í Frakklandi.

## Einingar fyrir massa

- 1 tonn = 1000 kílógrömm (kg)
- 1 kg = 10 hektógrömm (hg)
- 1 kg = 1000 grömm (g)
- 1 hg = 100 grömm (g)
- 1 g = 1000 milligrömm (mg)



Rúmmál segir til um það hversu mikið innihald tiltekinnar pakkningar er.

Reiðhjól getur vegið tólf kíló og sælgætispoki 200 grömm. Hundrað krónu peningur vegur 8 grömm og strætisvagn gæti verið sjö tonn. Allir hlutir vega eitthvað. Í daglegu tali tölum við yfirleitt um kíló. Orðið kíló þýðir þó bara þúsund. Til að hafa þetta rétt þurfum við að bæta orðinu gramm við og þá verður einingin kílógramm. En hvers vegna vegur 1 kg nákvæmlega það sem það vegur?

## Hvernig mælum við massa?

Í daglegu tali tölum við yfirleitt um þyngd hluta en eigum í reynd við *massa* þeirra. Eðlisfræðingar nota orðið *massi* þegar þeir vísa til efnismagns hluta. Þyngd er nefnilega ekki það sama og massi. Massi er mælikvarði á það hversu mikið efni er í tilteknum hlut. Og þar eð allt efni er gert úr frumeindum ræðst massi hlutar af því úr hversu mörgum frumeindum hann er gerður og hve mikið hver frumeind vegur.

Grunneiningin fyrir massa er *kílógramm* (kg). Allar aðrar einingar fyrir massa, til dæmis *gramm* (g) og *milligramm* (mg) grundvallast á massanum 1 kg.

Hversu mikið er þá 1 kg? Á 19. öld var kílógrammið skilgreint sem einn *rúmdesimetri* af vatni en undir lok sömu aldar, nánar tiltekið árið 1889, urðu eðlisfræðingar ásáttir um að eitt kílógramm skyldi vera massi tiltekins sívalnings úr platínu og iríðium. Þessi hlutur, svokallað *staðalkílógramm*, hefur síðan verði geymdur í Sèvres í Frakklandi.

## Hvað er rúmmál?

Fyrir nokkrum árum voru lágur og breiðar mjólkurfurnur algengar hér á landi, en nú eru furnurnar yfirleitt hærrí og mjórrí. Báðar pakkningarnar innihalda þó sama magnið, þótt þær líti ekki eins út. Báðar gerðirnar hafa sama *rúmmál*.

Auðvelt er að reikna út rúmmál mjólkurfurnu og svipaðra íláta. Við margföldum einfaldlega hæð, lengd og breidd. Ef hliðarnar eru mældar í sentimetrum fáum við rúmmálið í einingunni *rúmsentimetri* (cm<sup>3</sup>). Einn rúmsentimetri er sama og einn *millilítri* (ml).

**DÆMI**

Hversu mikið er rúmmál fiskabúrs sem er 40 cm á lengd, 30 cm á breidd og 30 cm á hæð?

$$\text{Rúmmál} = \text{lengd} \cdot \text{breidd} \cdot \text{hæð}$$

$$V = 40 \cdot 30 \cdot 30 = 36\,000 \text{ cm}^3 = 36 \text{ lítrar}$$

**SVAR:** Rúmmál fiskabúrsins er 36 lítrar.

**Rúmmál steins**

Hvernig reiknum við út rúmmál steins? Löggun hans er óregluleg og þess vegna gengur það alls ekki að margfalda breidd, lengd og hæð. Sem betur fer er til önnur aðferð til þess að ákvarða rúmmálið.

Við leysum vandann með því að taka *mæliglas* sem er hálf fullt af vatni. Við lesum fyrst rúmmál vatnsins í glasinu. Síðan setjum við steininn í mæliglasið og lesum rúmmálið aftur. Munurinn á tölunum er jafn rúmmáli steinsins.

**Eðlismassi er mælikvarði á þéttleika frumeinda**

Hvort vegur meira bómull eða járn? Líklega svarar þú að járn sé þyngra, en það er ómögulegt að svara spurningunni. Svarið ræðst af rúmmáli járnins og bómullarinnar sem verið er að bera saman. Stór poki fullur af bómull vegur að öllum líkindum meira en lítill járnmoli. Til að geta svarað spurningunni verður þú að velja sama rúmmál af báðum efnum. Og þá vegur járn meira en bómullin.

Hvort vegur meira ál eða járn? Ef þú vegur 1 cm<sup>3</sup> af áli og 1 cm<sup>3</sup> af járn kemur í ljós að álið hefur massann 2,7 g og járn 7,9 g. Járn vegur því meira en ál miðað við sama rúmmál. Við segjum að járn hafi meiri *eðlismassa* en álið. Ál hefur eðlismassann 2,7 g/cm<sup>3</sup> (grömm á rúmsentimetra) og eðlismassi járn er 7,9 g/cm<sup>3</sup>.

Eðlismassi er eðlisfræðilegt hugtak sem lýsir því hversu samþjappað tiltekið efni er. Því þéttari sem frumeindirnar eru í efnum og því þyngrri sem þær eru þeim mun meiri er eðlismassinn.

**Einingar fyrir rúmmál**

$$1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ lítri (l)}$$

$$1 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ millilítri (ml)}$$



Við getum mælt rúmmál hlutar, sem hefur óreglulega lögun, með því að nota mæliglas sem er hálf fullt af vatni.

**Eðlismassi**

$$\text{eðlismassi} = \frac{\text{massi}}{\text{rúmmál}}$$

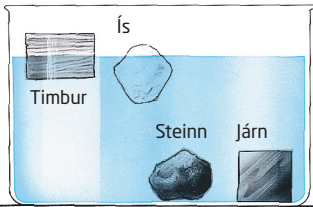
$$\rho = \frac{m}{v}$$

**DÆMI**

Steinn vegur 35 g og rúmmál hans er 10 cm<sup>3</sup>. Hver er eðlismassi steinsins?

$$\text{Eðlismassi: } \frac{35}{10} \text{ g/cm}^3 = 3,5 \text{ g/cm}^3.$$

**SVAR:** Eðlismassinn er 3,5 g/cm<sup>3</sup>.



Eðlismassi timburs er minni en eðlismassi vatns. Þau efni sökkva sem eru eðlisþyngri (hafa meiri eðlismassa) en vatn.

**Hvernig reiknum við eðlismassann?**

Ef við viljum reikna eðlismassa steins ákvörðum við fyrst massa hans. Því næst finnum við út rúmmál hans. Eðlismassann reiknum við svo með því að deila rúmmálinu upp í massann. Eðlismassinn er táknaður með gríska bókstafnum  $\rho$  (hró).

Vatn hefur eðlismassa sem er auðvelt að muna. Einn lítri af vatni vegur eitt kílógramm. Vegna þess að 1 lítri er það sama og 1 dm<sup>3</sup> er eðlismassi þess 1 kg/dm<sup>3</sup>.

Eðlismassinn er oftast gefinn upp í einingunni g/cm<sup>3</sup> en í kg/dm<sup>3</sup>. En þar eð 1 kg = 1000 g og 1 dm<sup>3</sup> = 1000 cm<sup>3</sup> verður niðurstaðan sú sama. Við getum sem sagt að eðlismassi vatns sé 1 g/cm<sup>3</sup> eða líka 1 g/ml.

**Eðlismassinn ákvarðar hvað flýtur og hvað sekkur**

Timburkubbur flýtur í vatni en steinn sekkur. Engu breytir þótt þú takir risavaxinn víðardrumb og lítinn stein; drumburinn flýtur en steinninn ekki. Hvers vegna er þetta svona?

Þetta byggist allt saman á eðlismassanum. Víðardrumbur flýtur á vatni vegna þess að eðlismassi víðarins er minni en vatnsins. Ís flýtur á vatni af sömu ástæðu. En steinn sekkur þar eð eðlismassi hans er meiri en vatnsins.

*Hlutur flýtur í vökva ef eðlismassi hlutarins er minni en eðlismassi vökvans.*

Það er því ávallt eðlismassinn sem ræður því hvað flýtur best. Þetta gildir jafnt um vökva og lofttegundir. Þess vegna flýtur til dæmis olía á vatni. Olían er einfaldlega eðlisléttari en vatnið.

**SÍALFSPRÓF UR 3.1****ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN**

• massi • rúmmál • eðlismassi

- Hversu mikinn massa hefur 1 lítri af vatni?
- Hver er eðlismassi vatnsins?
- Hvers vegna er það ekki alls kostar rétt að segja að eitthvað vegi eitt „kíló“?
- Kassi er 10 cm langur, 5 cm breiður og 2 cm hár. Hversu mikið er rúmmál hans?
- Hvers vegna hefur kúla úr járn meiri massa en jafnstór kúla úr víði?
- Hvaða eiginleika þarf hlutur að hafa til þess að fljóta í vökva?
- Glerkúla hefur rúmmálið 10 cm<sup>3</sup> og massann 25 g. Hver er eðlismassi glers?
- Lýstu því hvernig þú getur ákvarðað rúmmál tindáta.
- Notaðu töflurnar á bls. 132 og svaraðu eftirfarandi spurningum:
  - Flýtur gler í brennisteinssýru?
  - Flýtur gull í kvikasílfri?
  - Flýtur ís í terpentínu?
- Tómur bikar vegur 145 g. Ef 50 cm<sup>3</sup> af vökva er hellt í bikarinn eykst massi hans og verður 185 g. Hver er eðlismassi vökvans?
- Í mæliglasi eru 125 cm<sup>3</sup> af vatni. Kúla úr áli er látin sökkva til botns í glasinu. Vatnsborðið stígur þá upp að 185 cm<sup>3</sup>. Hver er massi kúlunnar? Eðlismassi áls er 2,7 g/cm<sup>3</sup>.
- Þú ert með ísmola sem vegur 1 kg. Ísmolinn bráðnar og verður að vatni. Verður rúmmál vatnsins meira, minna eða jafnstórt og rúmmál ísmolans var? Útskýrðu hvernig þú hugsar svarið.

3.2

# Varmi hefur áhrif á eðlismassann

Hvað gerir þú þegar lokið á sultukrúkkunni situr fast og þú getur alls ekki opnað krúkkuna? Tekur þú bara betur á því? Reynir þú að spenna upp lokið með hnífi? Slakaðu á, til er einfaldari aðferð. Láttu heitt vatn renna á lokið í nokkrar sekúndur. Eftir smástund er auðvelt að losa lokið. Hver er skýringin á þessu? Til þess að skilja það þurfum við fyrst að læra svolítið um varma.



Hvernig má losa lok sem situr fast?

## Hvað er varmi?

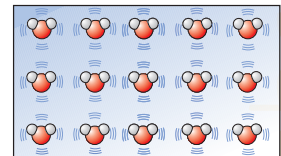
Byggingareiningar efna, frumeindir og sameindir, eru aldrei kyrrar, heldur á stöðugri hreyfingu. Í *föstum efnum* hafa þær vissulega sinn fasta stað en þær hreyfast svolítið til og frá. Í *vökvum* er hreyfing eindanna svolítið meiri en í föstum efnum. Þær hafa engan fastan stað heldur geta þær hreyfst hver kringum aðra. Í *lofttegundum* er langt á milli eindanna og þær hreyfast frjálssar á miklum hraða. Segja má að *varmi* sé mælikvarði á það hversu mikið eindirnar (frumeindirnar og sameindirnar) hreyfast. Því meiri sem varminn er (því hærra sem hitastigið er) þeim mun meiri er hreyfing þeirra.

## Efni þenjast út vegna varma

Ef hitastig hækkar hreyfast efniseindirnar hraðar – þær þurfa aukið rými. Efni *þenjast* þess vegna út þegar þau *hitna*. Því heitari sem þau verða þeim mun meiri verður úþpenslan. Úþpenslan er þó mjög mismunandi eftir efnum. Ál þenst til dæmis tvöfalt meira út en járn. Járn þenst út nær tvöfalt meira en gler.

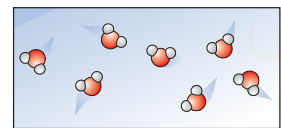
Nú getum við útskýrt galdurinn við sultukrúkkuna. Heita vatnið hitar bæði lokið og glerkrúkkuna. Sameindirnar í glerinu og lokinu taka að hreyfast hraðar en áður. Málmurinn þenst hins vegar meira út en glerið og þess vegna virkar þetta snjallræði. Málmlokið verður einfaldlega örlítið of stórt fyrir glerkrúkkuna.

Fast form (ís)



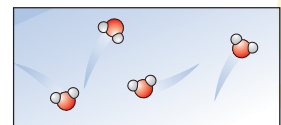
Sameindirnar eru á föstum stöðum og sveiflast til og frá.

Fljótandi form



Sameindir vatns hreyfast tiltölulega frjálssar.

Gasform (lofttegund)



Sameindir vatnsgufu hreyfast algerlega frjálssar.



Steinsteypan þenst út þegar hún hitnar. Þess vegna er brúin látin hvíla á legum úr stáli. Þessi tilhögun veldur því að brúin getur hreyfst svolítið til.

### Varmi veður hreyfingu brúa

Efni í föstu formi þenjast bara örlítið út þegar þau hitna. Þenslan er þó í sumum tilvikum nægilega mikil til þess að taka þarf tillit til hennar. Þegar brýr eru hannaðar þarf að sjá til þess að brúin geti hreyfst örlítið fram og til baka. Brúin er því látin hvíla á *legum* úr stáli. Legurnar valda því að brúin getur færst svolítið úr stað án þess að festingar hennar bresti.

Á sumrin má sjá rafmagnslínur hanga eins og þvottasnúrur víða um landið. Á veturna þegar kólnar verða línurnar svolítið strengdari, vegna þess að þær stytast í kuldunum. Ef ný lína er reist að vetrarlagi þarf þess vegna að gæta þess að strengja línurnar svolítið betur en þegar verkið er unnið að sumarlagi.

### Járnbent steinsteypa - byggingarefni fyrir alls kyns veðráttu

*Steinsteypa* er merkilegt byggingarefni. Hún er kannski ekki alltaf falleg en hún er endingargóð. Mannvirki úr steinsteypu eru úr sívolum teinum eða stöngum úr járn og allt um kring er svo steinsteypa. Steinsteypa ein og sér getur verið býsna stökk og hún á það til að hrökkva í sundur. En hún verður mun sterkari ef hún er styrkt með jarnteinum. Slík steinsteypa er sögð *járnbent*. Þetta er mjög gott dæmi um hvernig tvö mismunandi efni bæta hvort annað upp. Steinsteypa og jarn gætu þó engan veginn verkað hvort með öðru nema vegna þess að bæði efnin þenjast álíka mikið út og dragast á móta mikið saman þegar hitastigið breytist.

Þegar brú er smíðuð er fyrst slegið upp mótum fyrir steinsteypu. Grind úr jarnteinum er síðan komið fyrir í mótunum. Loks er fljótandi steinsteypu hellt í mótin og þegar steypan hefur harðnað er brúin tilbúin.



## Svona virkar straujárn

Flíkur úr gerviefni, bómull og hör þola hita misvel. Þess vegna er nauðsynlegt að kunna að stilla straujárn á mismunandi hita. Straujárnið heldur síðan réttu hitastigi vegna þess að það er með búnaði sem nefnist *hitastillir*.

Í hitastillinum er svokallaður *tvímálmur*. Hann er gerður úr tveimur mismunandi málmum sem eru pressaðir saman. Þegar tvímálmurinn hitnar þenjast málmarnir tveir misjafnlega mikið út. Það veldur því að tvímálmurinn bognar. Í hitastilli virkar tvímálmurinn sem straumrofi. Þegar straujárnið verður of heitt svignar málmurinn niður og straumurinn rofnar. Þegar straujárnið er orðið of kalt réttist úr tvímálminum og straumur kemst á að nýju.

## Svona virkar hitamælir

Hitapenslan í vökvum er nægilega mikil til þess að við verðum vör við hana. Þetta nýta menn sér í venjulegum hitamæli. Hitamælir er gerður úr langri og grannri, gegnsærri pípu og í henni er vökví. Þessi vökví er oftast *kvikasílfur*. Þegar hitastig hækkar þenst bæði pípan og vökvinn út. Þensla pípunnar er hins vegar svo lítil að við getum sleppt því að taka tillit til hennar. Vökvinn þenst hins vegar býsna mikið út og vökvaborðið hækkar í pípunni. Þegar kólnar lækkar vökvaborðið að sama skapi.

Til eru hitamælar sem hafa alls engan vökva. Í *tvímálmsbitamæli* er til dæmis tvímálmsræma sem er undin upp í spíral. Þegar hitinn hækkar bognar ræman og hreyfingin færast yfir á vísi. Vísirinn er tengdur kvarða þannig að við getum lesið hitastigið af honum.



Þegar smellur heyrst í straujárninu er það tvímálmurinn sem hreyfist og annaðhvort lokar straumrásinni eða rýfur hana.

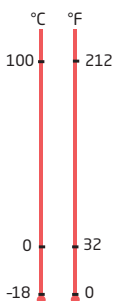


Hitamælir með vísi (nál) er gerður úr tvímálmum sem bognar mismikið eftir hitastiginu.





Einingin selsíusgráða er nefnd eftir sænska eðlis- og stjörnufræðingnum Anders Celsius. Hann bjó og starfaði í Uppsöllum í Svíþjóð í byrjun 18. aldar.



Fahrenheit-kvarðinn hefur aðra fastapunkta en selsíuskvarðinn. Ef úti er 20 °C finnst okkur vera hlýtt og notalegt. Þá sýnir Fahrenheit-kvarðinn 68 °F.

## Selsíuskvarðinn

Á Íslandi og í flestum öðrum löndum er hiti mældur í *selsíusgráðum*, táknað °C. Þessi hitakvarði er nefndur eftir sænska eðlis- og stjörnufræðingnum *Anders Celsius*. Hann lagði til að hitakvarðinn hefði tvo fasta punkta, svokallaða fastapunkta.

Annar fastapunktur selsíuskvarðans er *frostmark vatns*, 0 °C, og hinn fastapunkturinn er *suðumark vatns*, 100 °C. Bilinu milli punktanna tveggja er svo skipt niður í hundrað hluta. Hver hluti nefnist selsíusgráða eða gráða á Celsius.

Þegar Celsius hannaði kvarða sinn hafði hann röðina öfuga, það er hann setti 0 °C við suðumark vatns og 100 °C við frostmarkið. Kvarðanum var þó snúið við fljótlega, líklega af þeim sem framleiddu hitamælinn.

## ÍTAREFNI

### HITI ER MÆLDUR Í MISMUNANDI EININGUM

Hitastig er ekki mælt í selsíusgráðum alls staðar í heiminum. Í mörgum enskumælandi löndum, til dæmis í Bandaríkjunum, er hitinn mældur í gráðum á *Fahrenheit-kvarða*.

Þessi hitakvarði byggist á tveimur fastapunktum sem þýski eðlisfræðingurinn *Daniel G. Fahrenheit* setti sem viðmiðunarpunkta. Annan fastapunkturinn fékk hann með því að nota blöndu af ís og salti. Hitastig blöndunnar varð 0 °F (-18 °C). Hinn fastapunkturinn miðaðist við eðlilegan líkamshita manna, og hann ákvað að sá hiti yrði 96 °F (37 °C). Þetta veldur því að suðumark vatns á kvarða Fahrenheits er 212 °F og frostmark vatns er 32 °F.



## Alkul

Þegar efni kólnar hægist á hreyfingum eindanna. Því lægra sem hitastigið er þeim mun minni verður hreyfing þeirra. Eðlisfræðingar hafa reiknað það út að efniseindirnar hætta algerlega að hreyfast við  $-273\text{ °C}$ . Ekki er hægt að ná lægra hitastigi. Þetta hitastig,  $-273\text{ °C}$ , nefnist því *alkul*. Ekki er unnt að ná þessu hitastigi í reynd en vísindamenn hafa getað skapað kulda sem er mjög nálægt alkuli. Aðeins munar fáeinum brotum úr gráðu að þeir hafi náð alkulinu.

Vísindamenn hafa búið til nýjan kvarða, svonefndan *kelvinkvarða*, þar sem gengið er út frá alkuli sem fastapunkti. Á kelvinkvarða er  $0\text{ K}$  (lesist: núll kelvin) það sama og  $-273\text{ °C}$ . Suðumark vatns er þá  $373\text{ K}$ .

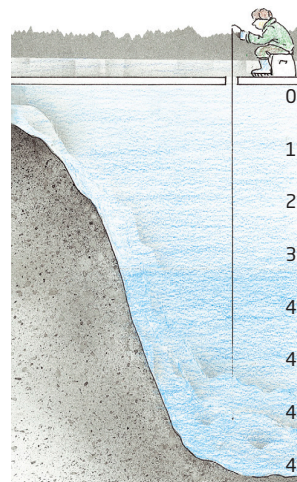


Kelvinkvarðinn miðast við alkul.

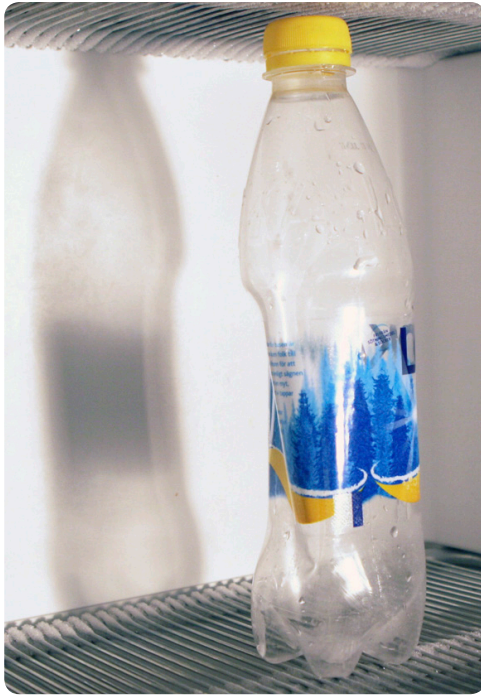
## Óvenjulegir eiginleikar vatnsins

Öll efni þenjast út þegar þau hitna. Massi þeirra breytist þó ekki. Það hefur í för með sér að eðlismassi efnis minnkar þegar það hitnar. Þetta á við um öll efni nema eitt – vatn. Vatn hegðar sér sem sagt ekki eins og önnur efni. Þegar núll gráðu heitt vatn hitnar minnkar nefnilega rúmmál þess í fyrstu. Við hitastigið  $4\text{ °C}$  er rúmmálið minnst. Ef vatnið heldur áfram að hitna eykst rúmmálið upp frá því.

Þetta merkir að eðlismassi vatns er mestur við  $4\text{ °C}$ . Bæði heitara vatn og kaldara hefur minni eðlismassa. Það er þessum einstaka eiginleika vatnsins að þakka að stöðuvötn *botnfjósá* ekki á veturna. Það vatn sem hefur mestan eðlismassann, er með öðrum orðum eðlisþyngst, sekkur til botns vegna þess að það er þyngst. Hitastigið við botninn verður því  $4\text{ °C}$ . Þessi eiginleiki vatnsins veldur því að plöntur og dýr í stöðuvötnum og höfum geta lifað veturna af. Þetta er þó sjaldgæft hér á landi vegna vinda sem hræra stöðugt upp í vötnunum.



Þegar hitastig vatns er  $4\text{ °C}$  er eðlismassi þess mestur. Vatn með þessu hitastigi sekkur því til botns. Ís hefur minni eðlismassa en fljótandi vatn og þess vegna flýtur ísinn á vatninu.



### Hiti hefur mest áhrif á lofttegundir

Lofttegundir (sem einnig nefnast gös) þenjast miklu meira út en föst efni og vökvar þegar þau hitna. Skýringin er sú að eindirnar í lofttegund eru frjálssari og óháðari hver annarri en í hinum efnisformunum. Sumum lofttegundum nægir að hitna um fáeinar gráður til þess að þenjast talsvert út.

Ef þú blæst upp blöðru með lofti og lætur hana svo í frysti sérðu hversu mikið hún skreppur saman þegar hún kólnar.

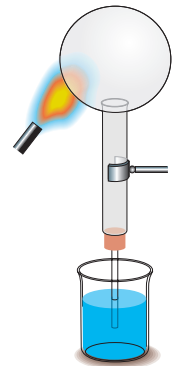
Ef tóm gosflaska með vel skrúfuðum tappa er sett í frysti minnkar rúmmál loftsins í henni og hún skreppur saman.

## SIALFSPRÓF UR 3.2

### ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

• tvímálmur • hitastillir • alkul • fastapunktur

1. Hver af eftirtöldum efnum þenjast mest út þegar þau hitna: efni í föstu formi, efni í vökvaformi eða efni í gasformi?
2. Hvaða vökvi er oftast notaður í hitamæla?
3. a) Hvaða hitakvarði er mest notaður hér á Íslandi?  
b) Á hvaða tveimur fastapunktum grundvallast þessi kvarði?
4. Hvers vegna er auðveldara að opna glerkrukku ef heitt vatn er látið renna á lokið?
5. Ef raflína er lögð um landið að sumri þarf að gæta þess að línan sé ekki of strengd milli mastranna (stauranna). Hvers vegna þarf að gæta að þessu?
6. Hvers vegna eru brýr látnar hvíla á legum úr stáli?
7. Útskýrðu hvernig vökvahitamælir virkar.
8. Hvers vegna botnfrjósa ekki öll stöðuvötn á veturna?
9. Hvers vegna getur ekkert orðið kaldara en  $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?
10. Í verklegri æfingu gerir Aron þessa tilraun sem myndin sýnir. Í suðufloðskunni er loft og í bikarglasinu er vatn. Frá flöðskunni liggur pípa niður í vatnið.  
a) Hvað gerist þegar Aron hitar suðufloðskuna?  
b) Skýrðu það sem gerist.
11. Hversu mikið lengist 2 m löng stöng úr jární ef hún er hituð upp um  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? Notaðu töfluna „Eiginleikar fastra efna“ sem þú finnur á bls. 132 í bókinni.
12. Hvaða tveir punktar eru fastapunktarnir á kvarða Fahrenheits?



3.3

## Varmi flyst á þrjá mismunandi vegu

Víða í sólríkum löndum má sjá röð af sólgildrum á húspökum. Sólgildrurnar hita upp vatn sem er síðan geymt í tönkum undir þökunum. Sums staðar eru svona sólgildir notaðar til þess að hita vatn fyrir sundlaugar. Þetta er einföld og ódýr aðferð til þess að hita vatn en lítið notuð hér á landi. Til þess þarf sólríkara land en okkar! Hvaða aðrar aðferðir má nota til þess að hita sundlaug? Hverjir eru helstu kostir við að nota þær aðferðir og hvaða ókostir fylgja þeim?

### Hvernig flyst varmi?

Ef varma frá sól nyti ekki á jörðinni gætu engar lífverur þrífist hér. En hvernig berst varmi sólarinnar eiginlega gegnum tómið í geimnum? Og hvernig flyst varmi þegar hann hefur náð til jarðar? Árangursríkar rannsóknir síðustu 100 ára hafa veitt okkur svarið. Við vitum nú að varminn flyst á þrjá vegu: með *varmaleiðni*, *varmaburði* og *varmageislun*.

#### 1 Varmaleiðni

Ef þú heldur um silfurskeið sem er í bolla með heitum drykk hitnar skeiðin svo að þú brennir þig næstum. Skýringin er sú að varminn flyst frá frumeind til frumeindar í silfurskeiðinni þar til öll skeiðin er orðin heit. Hitnunin verður til þess að frumeindirnar sveiflast til og frá og ýta hver á aðra. Þessi tegund varmaflutnings nefnist varmaleiðni.

Allir málmar leiða varma vel. Silfur og kopar eru bestu *varmaleiðararnir*. Það skýrir að silfurskeið hitnar hraðar og meira en venjuleg skeið, sem er yfirleitt úr stáli. Og þess vegna eru sumir skaftpottar með koparbotni. Þá flyst varminn hraðar frá hellunni til innihalds skaftpottsins.



Í eldhúsinu flyst varmi á ýmsan hátt, meðal annars með varmaleiðni og varmaburði. Koma fleiri leiðir til álita?

Skiptilykillinn úr málmí verkar kaldari en tréskafðið á klaufhamrinum. Það stafar af því að varmaleiðnin er meiri og hraðari frá hendinni yfir í lykilinn en yfir í hamarinn.



### Prófaðu varmaleiðnina

Til er auðveld aðferð til þess að skera úr um það hvort efni leiðir varma vel eða ekki. Við grípum einfaldlega um hlut úr viðkomandi efni. Ef okkur finnst yfirborðið kalt er hluturinn úr efni sem leiðir varma vel, en ef yfirborðið er ekki kalt er efnið lélegur varmaleiðari. Hver er skýringin?

Ímyndaðu þér að þú grípir um skiptilykil úr járni. Þar eð járn er góður varmaleiðari flyst varminn hratt og vel frá hendinni og yfir í lykilinn. Þér finnst höndin verða köld. Ef þú grípur um skaft á hamri eða öxi er það alls ekki kalt. Viður er nefnilega lélegur varmaleiðari.

### Efni sem leiða varma illa

Þegar við höldum á logandi eldspýtu verður hún ekki heit þótt hún logi í hinn endann. Varminn frá loganum flyst ekki áfram til fingra þinna eftir viðnum. Önnur efni, sem eru líka lélegir varmaleiðarar, eru til dæmis korkur, gúmmí, gler, plast, vatn og loft.

Við nýtum okkur lélega varmaleiðni lofts í ýmiss konar fatnaði. Í lopapeysum, flísfatnaði og dúnúlpum og jökkum er mikið loft og þess vegna veita þessar flíkur góða varmaeinangrun.

Hið sama gildir um einangrandi byggingar-efni. Þegar við einangrum hús notum við efni sem mikið loft er í. Loftið verkar þó ekki sem einangrun nema það haldist kyrrt. Þess vegna er einangrandi efni að mestu leyti gert úr loftfylltum holrúmum.

Við sjáum líka einangrandi eiginleika loftsins hjá fuglum. Á köldum dögum ýfa fuglarnir fiðrið og taka þannig meira loft inn í það. Þá helst þeim betur á varmanum.



Dúnúlpa er að mestu leyti loft, sem tryggir góða varmaeinangrun. Fugl, sem yfir fjáðrirnar á vetrardegi, eykur loftið í fiðrinu og þolir þá kuldann betur.

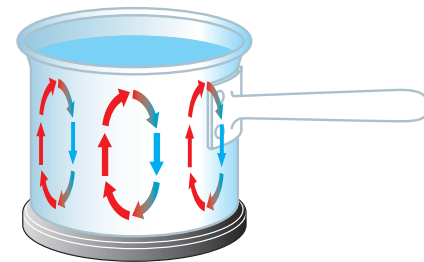


Lofthið í uppblásnum loftbelg er hitað með logandi eldi. Heitt loft er eðlisléttara en kalt loft og þess vegna lyftir heita loftið loftbelgnum.

## 2 Varmaburður

Enda þótt vatn og loft leiði varma illa flyst hann þó bæði með vatni og lofti. Flutningurinn á sér stað með *varmaburði*.

Hugsaðu þér að þú hitir vatn í potti á hellu. Vatnið á botni pottsins hitnar hratt og rúmmál þess eykst við það. Eðlismassi heita vatnsins minnkar og það stígur upp í pottinum en kalda vatnið fyrir ofan sígur niður í staðinn. Þegar kalda vatnið nær til botns hitnar það og stígur upp á ný. Þannig verður til hringrás þar til allt vatnið er orðið jafnheitt og sýður.



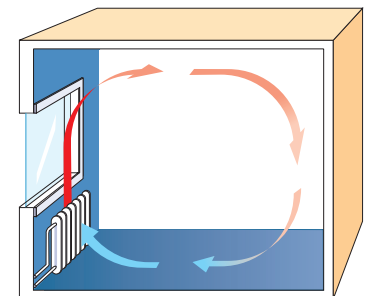
Varmi flyst með varmaburði í skaftpottinum þar til allt vatnið hefur náð sama hitastigi.

## Ofnar valda varmaburði í herbergjum

Hvers vegna eru *ofnar* í herbergjum yfirleitt undir gluggum? Skýringin er sú að þá flyst varmi með varmaburði um allt herbergið. Ofninn hitar loftið sem er næst honum. Eðlismassi heita loftsins er minni en kalda loftsins og það stígur því upp. Þegar heita loftið stígur upp frá ofninum kemur kalt loft í stað þess frá gólfinu. Á þennan hátt myndast *bringrás* lofts upp frá ofninum, upp með glugganum, eftir lofti herbergisins og út í herbergið, niður að gólfi fjarst ofninum og með gólfinu aftur að ofninum.

Ef ofninn hefði verið settur á vegginn á móti glugganum yrði hringrás loftsins ekki rétt. Þá gæti orðið kaldur súgur með gólfinu þegar kalt loft streymir frá glugganum, yfir gólfid og að ofninum hinum megin í herberginu.

Stundum viljum við koma í veg fyrir varmaburð. Í gluggum er yfirleitt tvöfalt eða þrefalt gler. Við framleiðslu þess er allt loft dregið út úr rýminu milli rúðanna. Þá er *lofttæmi* þar á milli og því ekkert loft sem getur haldið uppi varmaburði þar. Rúðurnar eru því varmaeinangrandi.



Þegar heita loftið stígur upp kemur kalt loft frá gólfinu í staðinn. Þetta veldur hringrás loftsins í herberginu.



Svartur flötur drekkur í sig meiri varma en hvítur. Þess vegna hitna svartar flíkur svo mikið í sólinni.

### 3 Varmageislun

Sólin er mikilvægasti varmagjafi okkar. Ef sólarinnar nyti ekki þrifist ekkert líf á jörðinni. Hvernig getur varminn flust frá sól til jarðar? Í geimnum er lofttæmi og því verður hvorki varmaleiðni né varmaburður þar. Skýringin er sú að varminn berst með þriðju aðferðinni, með *varmageislun*.

Allir heitir hlutir senda frá sér geislun. Stór hluti geislunarinnar er ósýnilegur. Þessi ósýnilega geislun nefnist varmageislun eða *innrauð geislun* og hún berst meðal annars frá venjulegum miðstöðvarofni.

Við getum fangað geislunina frá sólinni með því að nota hluti með svart yfirborð. Svartir fletir drekka í sig meiri geislun en ljósir eða glærir fletir. Þið hafið örugglega fundið hversu mjög svartar buxur hitna á sólríkum sumardegi.

Svartir fletir drekka mjög vel í sig varma en þeir geisla líka út meiri varma en ljósir eða glampandi fletir. Þess vegna eru pottar og önnur eldunarílát yfirleitt ljós eða glampandi. Þannig ílát geisla út minni varma en svört og mött ílát.

### Sólgildirur hita vatn

Vísindamenn hafa þróað sérstakar aðferðir til þess að beisla þá orku sem er fólgin í geislum sólarinnar. Í mörgum sólríkum löndum eru notaðar svokallaðar *sólgildirur*. Sólgildra er yfirleitt kassi með glerloki. Í kassanum eru svartar plötur og á bakhlið þeirra eru grannar vatnspípur. Á sumrin er vatni dælt gegnum pípunar í sólgildrunni og vatnið tekur í sig varmann frá plötunum og hitnar. Heitt vatnið berst síðan í vel einangraða tanka og þar er það geymt og tekið til notkunar eftir því sem þörf er á. Ef sumur verða áfram jafnsólrík hér á Íslandi og þau hafa flest verið síðustu árin má ef til vill nýta þessa tækni hér.



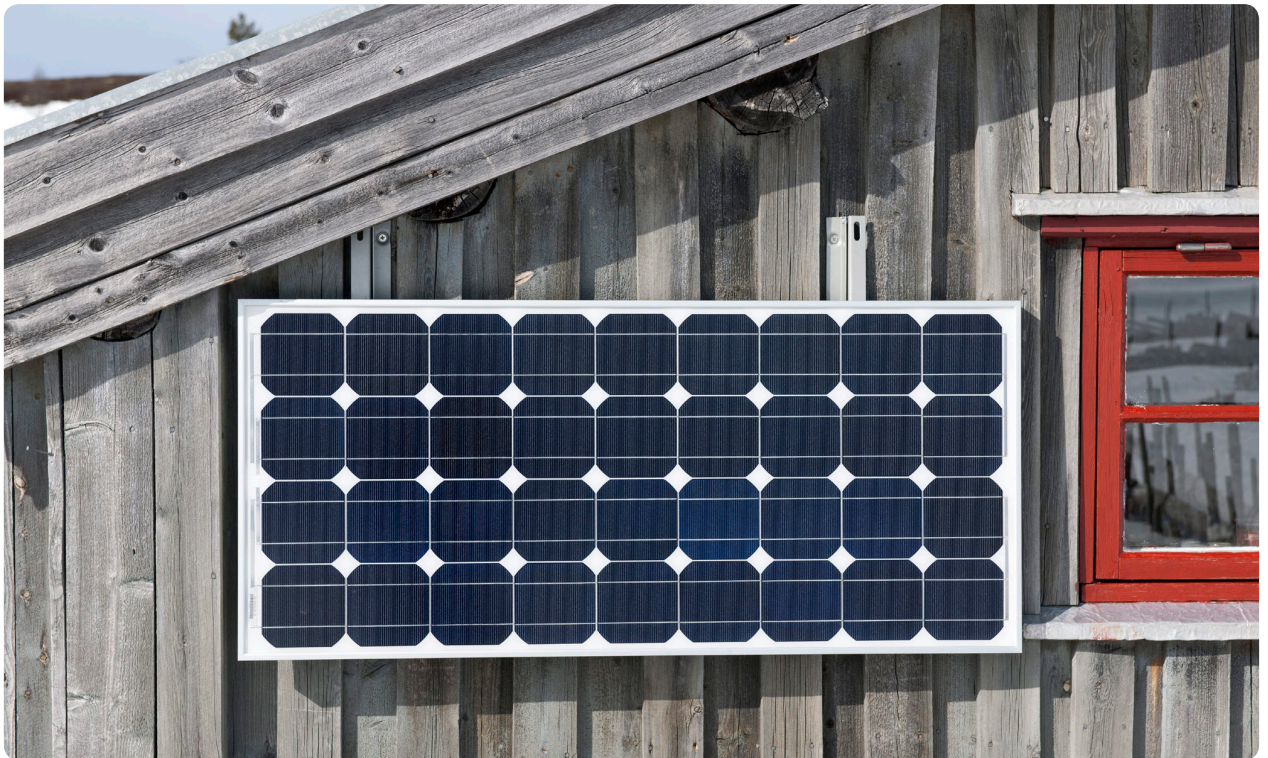
Vatni er dælt upp í gegnum sólgildruna á þakinu. Þar hita geislar sólarinnar vatnið sem er síðan leitt niður í sundlaugina.

### Sólarraflöður framleiða raforku

Við getum framleitt raforku beint úr geislum sólar með svokölluðum *sólarraflöðum* (sólhlöðum). Framleiðsla á sólarraflöðum vex hröðum skrefum í heiminum og veldur því að verð þeirra lækkar. Þá er enn fremur stöðugt unnið að því að búa til betri og hagkvæmari sólarraflöður.

Með hækkandi raforkuverði hafa margir komið sér upp sólarraflöðum til að framleiða sitt eigið rafmagn. Þetta á einkum við um sumarhús þar sem raforkuþörfin er minni en á heimilum. Þetta er líka kannski eini raforkugjafinn sem stendur til boða á stöðum sem eru langt frá *rafveitukerfinu*. Margir hafa sett upp sólarraflöður á húsbílum og ferðavögnum og hafa þannig aðgang að rafmagni sem nægir til dæmis fyrir ljós og sjónvarp, hvar á landinu sem þeir eru staddir. Þá eru mikilvæg mælitæki uppi á öræfum og á jökklum knúin með sólarraflöðum og þau geta veitt mikilvægar upplýsingar um ýmsa hluti. Þannig getum við meðal annars vakt að eldfjöll og tækin geta varað vísindamenn við ef eldgos er yfirvofandi. Þá má grípa til ráðstafana og flytja fólk í nágrenninu á brott ef nauðsynlegt þykir.

Sólarraflaða framleiðir rafmagn beint úr geislum sólar. Þessi sólarpilja hér er úr 36 sólarraflöðum sem gefa 0,5 V spennu hver. Það nægir til þess að knýja nokkur ljós og lítinn kælskáp og til þess að hlaða farsímann í sumarbústaðnum.



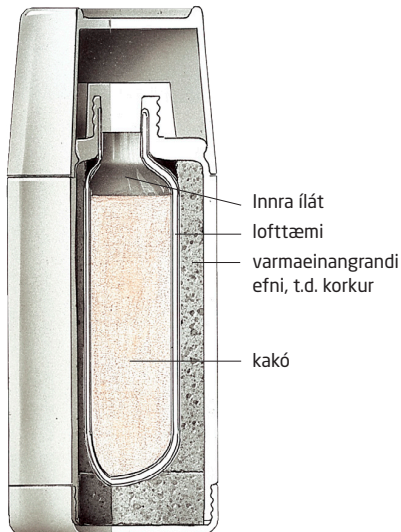




### Hitabrúsi heldur í varmann

*Hitabrúsi* er ágætur hlutur til þess að sýna hvernig varmi flyst í náttúrunni. Hitabrúsanum er ætlað að halda innihaldinu heitu eða köldu. Sjálft ílátíð í hitabrúsanum leiðir varma fremur illa. Innra ílátíð, flaskan, er með tvöföldum veggjum og á milli er lofttæmi. Það tryggir að varminn hverfur hvorki með varmaleiðni né varmaburði. Ytra byrði hitabrúsans er auk þess yfirleitt gljáandi. Þess vegna geislar hann ekki út miklum varma.

Í hitabrúsa tapast varminn hvorki með varmaleiðni, varmaburði né varmageislun og því er þetta nýtsamlegt ílát og við getum notið þess að drekka heitt kakó eftir nokkra tíma á skíðum í vetrarkulda.



Hitabrúsi er þannig hannaður að varmi innihaldsins tapast hvorki með varmaleiðni, varmaburði né varmageislun.

### SJALFSPRÓF ÚR 3.3

#### ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

- varmaleiðni • varmaburður • varmageislun • eðlismassi
- lofttæmi • sólgildra • sólarrafhlaða

1. Hvaða málmar leiða varma best?
2. Nefndu dæmi um efni sem leiða varma illa.
3. Á sólríkum og heitum dögum er best að klæðast ljósum fötum. Hver er ástæðan?
4. Nefndu nokkur dæmi úr daglegu lífi um að við notfærum okkur það að loft er lélegur varmaleiðari.
5. Lýstu því hvernig einn ofn getur hitað upp heilt herbergi.
6. Lýstu því hvernig hönnun og gerð hitabrúsa er miðuð við það að halda innihaldinu heitu eða köldu.
7. Hvernig virkar sólgildra?
8. Útskýrðu þá staðreynd að á köldum vetrardegi er heitara inni í snjóhúsi en utan þess.

3.4

## Veður og vindar

„Búist er við stormi, meira en 20 metrum á sekúndu sunnan- og vestantil á landinu í kvöld og til fyrramáls. Búist er við ofsaveðri, 28 metrum á sekúndu eða meira, seint í kvöld og í alla nótt í Vestmannaeyjum, við Eyjafjöll, Mýrdalsjökul og Öræfajökul.“ Þannig hljóðaði veðurspáin 29. desember 2013. Veðrið er sígilt umræðuefni og nú þykir mönnum veðráttan á jörðinni vera að breytast. Hvernig skyldi veðrið verða eftir 50 ár? Ef loftslag hlýnar um tvær gráður eða svo verða breytingarnar kannski ekki svo miklar en ef hlýnunin verður meiri verða afleiðingarnar að sama skapi meiri. Ríkjum heims gengur því miður illa að ná saman um nauðsynlegar aðgerðir í loftslagsmálum. Margar þjóðir hafa samþykkt aðgerðir sem Sameinuðu þjóðirnar hafa beitt sér fyrir á því sviði, en alls ekki allar. Hvernig getum við fengið allar þjóðir heims til þess að samþykkja þær nauðsynlegu ráðstafanir sem gera verður til þess að stöðva hnattræna hlýnun?

### Veðrið hefur áhrif á alla!

Bændur vilja fá rigningu öðru hverju. Fólk í sumarleyfi kys sól og hita. Óskirnar stangast því illilega á. Eitt er þó víst: býsna erfitt er að spá fyrir um veðrið. Kannski ekki svo mjög frá degi til dags, en ef þarf að spá fyrir um *veðrið* viku fram í tímann vandast málið.

Hlutverk *veðurfræðinga* er að rannsaka og mæla veður og setja fram veðurspár. Þeir eru oft eðlisfræðingar að grunnmenntun, því að eðlisfræðin er grunnurinn að *veðurfræði*, sem er reyndar sérsvið innan eðlisfræðinnar.

Bæði veðurfræðingar og aðrir vísindamenn telja margir að loftslagið á jörðinni sé að breytast og að þær breytingar megi rekja til lífnaðarháttanna og umsvifa mannsins. Mælingar sýna að *meðalhitinn* hækkar á jörðinni og talið er að hlýnunin haldi áfram.



Veðráttan hefur áhrif á alla, bæði góð og slæm en fáir eiga meira undir veðurfarinu en bændur og sjómenn.

VEÐUR OG VINDAR

### 3. VARMÍ OG VEÐUR

Andrúmsloftið, löndin og höfin hitna mismikið eftir því hvar á jarðarkringlunni þau eru. Þess vegna myndast vindar, ský og úrkoma.



#### Hvað ræður veðrinu?

Andrúmsloftið, löndin og höfin hitna mismikið eftir því hvar á jörðinni þau eru. Þess vegna verður það til sem við köllum *veður*. Hvað skyldi valda þessari mishitnun?

Jörðin er kúla og því hitnar svæðið næst *miðbaug* meira en svæðin við *skautin*. Hugsaðu þér vasaljós sem lýsir á blað. Ef blaðinu er hallað dreifist ljósið á stærri flöt. Þannig er þetta við heimskautin. Ljósið fellur ekki beint þar eins og við miðbauginn og þess vegna verður hlýrra við miðbaug en á heimskautunum.

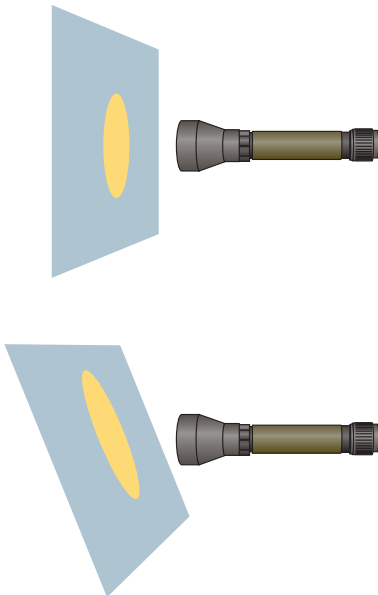
*Halli jarðarmöndulsins* veldur auk þess því að norðurheimskautið hitnar meira en það syðra á þeim árstíma þegar norðurhvelinu hallar að sólu. Á hinu heimskautinu ríkir þá vetur.

Þessi misskipting í hitnun mismunandi svæða á jörðinni veldur því að *loftstraumar* myndast. Loftstraumarnir skapa vinda, ský og úrkomu. Auk þess myndast straumar í höfunum. Golfstraumurinn er mikilvægur *bafstraumur* sem flytur hlýjan sjó frá heitum svæðum til kaldari svæða, meðal annars hingað norður til Íslands. Ef hans nyti ekki við væri Ísland líklega óbyggilegt vegna kulda.

#### Veðurathuganir eru gerðar á veðurathugunarstöðvum

Til að geta spáð fyrir um veðrið á morgun verða veðurfræðingar að vita hvernig það er í dag. Þess vegna eru alls 244 *veðurathugunarstöðvar* (veðurstöðvar) á öllu landinu (árið 2014). Áður voru stöðvarnar mannaðar en nú eru þær langflestar sjálfvirkar og senda inn upplýsingar á rafrænu formi. Aðeins 22 stöðvar eru nú mannaðar og þeim fækkar stöðugt.

Á mönnum veðurathugunarstöðvum er lesið af veðurmælitækjunum með reglulegu millibili. Upplýsingarnar eru sendar til *Veðurstofu Íslands* í Reykjavík. Þar eru þær varðveittar og unnið úr þeim til þess að gera *veðurspá* til nokkurra daga.



Ef ljósið fellur beint á blaðið tekur lítill, hringlaga flötur við allri orkunni. Ef ljósið fellur á ská á blaðið deillist orkan niður á stærri flöt.

## Hvað er mælt á veðurathugunarstöðvum?

Á veðurathugunarstöðvum, er fjöldi alls kyns mælitækja til að mæla mikilvægustu veðurfarsþættina. *Lofthiti* er mældur með hitamæli og með sérstökum hitamælum má skrá hæsta og lægsta hita hvers sólarhrings. Fyrsta vísindalega veðurmælingin á Íslandi var gerð í Selárdal í Arnarfirði í júlí 1664. Reglulegar veðurathuganir hafa lengst verið gerðar í Stykkishólmi, frá árinu 1845, en skipulegar veðurathuganir á landinu hófust árið 1872. Þessar mælingar sýna að meðalhiti á Íslandi hefur hækkað um rúmlega 0,7 gráður á öld.

Jörðin er umlukin um það bil 100 kílómetra þykku lagi af lofti sem nefnist *lofthjúpur*. Við sjáum loftið ekki og þess vegna er auðvelt að ímynda sér að það vegi ekki neitt. Þetta 100 kílómetra þykka lag af lofti hefur býsna mikinn massa. Þyngd loftsins leggst á okkur og allt á jörðinni með þrýstingi (krafti) sem kallast *loftþrýstingur*. Við mælum loftþrýsting í einingu sem kallast *hektópaskal* (hPa) eða *millíbar*. Venjulegur loftþrýstingur við sjávarmál er 1013 hPa. Ef loftþrýstingurinn er hærri en þetta er talað um *háþrýsting*. Ef þrýstingurinn er lægri en venjulegt er tölum við um *lágþrýsting*.

Loftið er alltaf meira eða minna rakt, vegna þess að í því er alltaf einhver vatnsgufa. *Raki* loftsins er mældur með *rakamæli*. Þegar vatnsgufa í andrúmsloftinu er eins mikil og hún getur mest verið er sagt að loftið sé mettað. Þá er rakastigið 100%. Á veðurathugunarstöð er *vindbraðinn* einnig mældur í metrum á sekúndu, svo og *vindáttin*; við mælum sem sagt úr hvaða átt vindurinn blæs.

*Úrkomman* er mæld í millimetrum. Ef úrkomman er snjór er hann bræddur og síðan er mælt. Einn sentimetri af föllnum snjó svarar um það bil til eins millimetra úrkomu. *Skýjahula* er mæld með því að meta hversu stór hluti himinsins er þakinn skýjum. Skýjahulan er gefin upp í áttundu hlutum. Í veðurspám er þó yfirleitt látið nægja að tala um heiðskírt, hálfskýjað eða alskýjað.



Myndin sýnir sjálfvirka veðurathugunarstöð sem nú er í Stykkishólmi.

### Skýjahula

heiðskírt = innan við áttundi hluti himins er hulinn skýjum

hálfskýjað = þrír til fimm áttunduhlutar himins eru huldir skýjum

alskýjað = átta áttunduhlutar himins eru huldir skýjum

Það sem er mælt	Eining (tákn)	Mælitæki
Hitastig	Gráður (°C)	Hitamælir
Loftþrýstingur	Hektópaskal (hPa)	Loftvog
Loftraki	Prósent (%)	Rakamælir
Vindhraði	Mettrar á sekúndu (m/s)	Vindmælir
Úrcoma	Millimetrar (mm)	Úrkomumælir
Skýjahula	Áttundu hlutar	Skýjahæðarmælir (leysitæki)

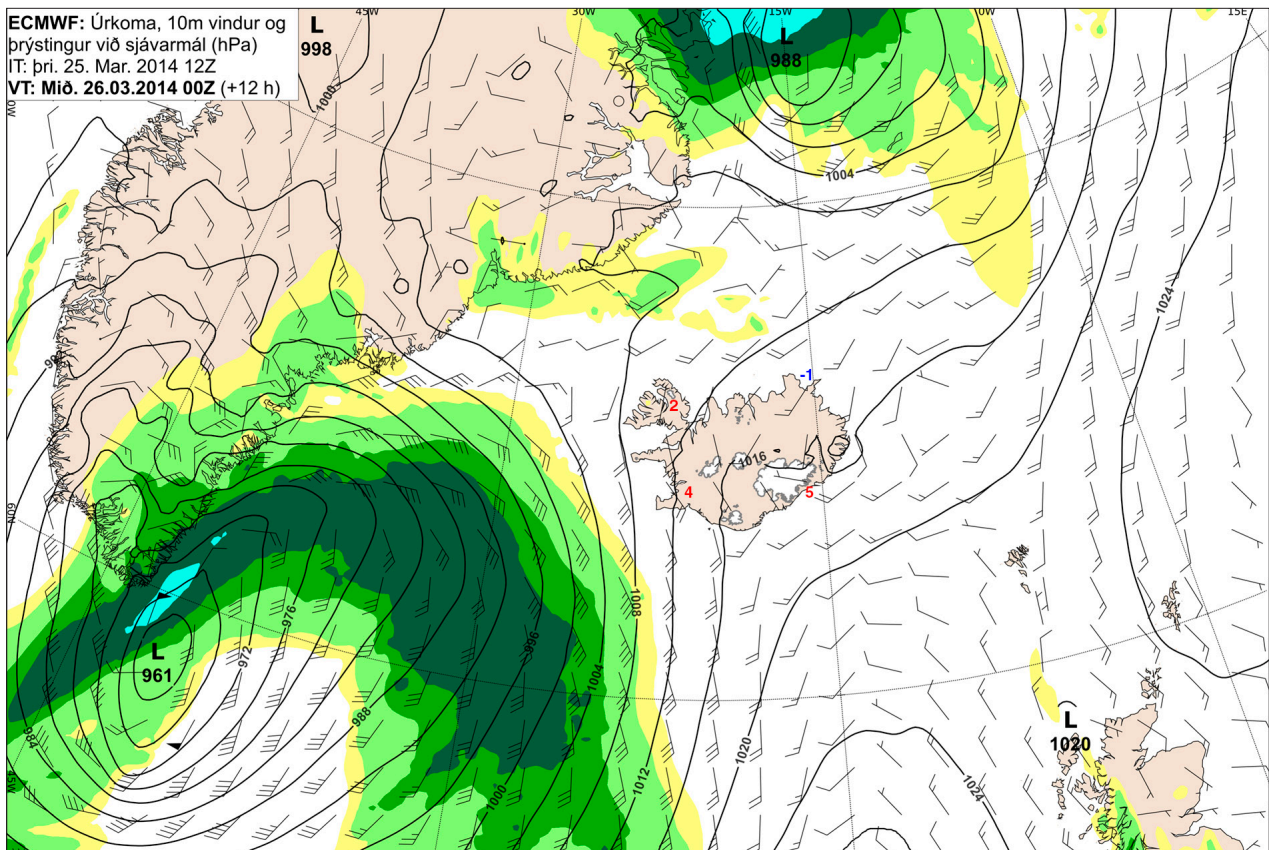
Þetta er veðurkort frá hádegi 25. mars 2014. Djúp lægð var þá við suðurodda Grænlands, en hæðarhryggur suðaustur af Íslandi sem teygði sig til norðurs. Mjög hvasst var í kringum lægðarmiðjuna og úrkoma sem fylgdi skilum lægðarinnar liggur í sveig út á Grænlandssund. Á Íslandi var ágætis veður á þessum tíma, en byrjað að hvesa út af Reykjanesi eftir því sem lægðin færir sig nær. Hvernig ætli veðrið hafi verið á landinu um kvöldið?

## Veðurkort

Þegar upplýsingar berast til Veðurstofu Íslands er unnið úr þeim og þær eru settar inn á *veðurkort*. Einfölduð veðurkort eru birt á netinu, í öppum og dagblöðum og veðurspár eru fluttar í útvarpi og sjónvarpi. Á veðurkortum getum við meðal annars séð hitastig á hinum ýmsu stöðum, hvar er sólríkt, hvar skýjað og hvar rignir.

Við getum líka séð loftþrýstinginn á mismunandi stöðum. Línur tengja saman staði með sama loftþrýstingi. Slík lína kallast *jafnþrýstilína*. Við hverja línu stendur tiltekin tala, til dæmis 1010. Sú tala gefur upp loftþrýstinginn í hektópaskölum.

Veðurkort sýnir okkur enn fremur hvar eru *háþrýstisvæði* og hvar *lágþrýstisvæði*, eða hæðir og lægðir. Hæð er þar sem loftþrýstingur er mestur og hún er táknuð með H á kortinu. Lægð er þar sem þrýstingur er minnstur og hún er táknuð með L.



## Gróðurhúsaáhrifin

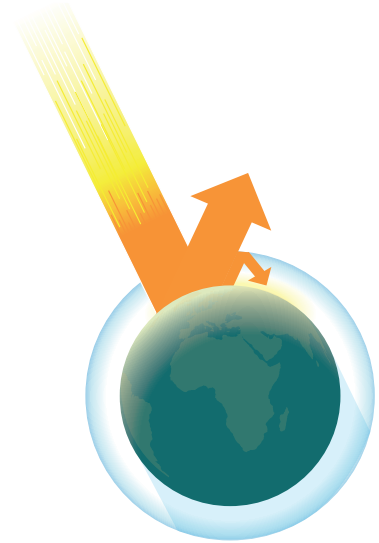
Sólin er undirstaða alls lífs á jörðinni. Geislar sólar hita jörðina. En jafnframt missir jörðin varma út í geiminn aftur með geislun. *Útgeislunin* frá jörðu er þó um það bil jafnmikil og sú geislun sem berst frá sólinni. Lofthjúpurinn verkar eins og gróðurhús og geislar sólar hita upp loftið í gróðurhúsinu en aðeins hluti af varma loftsins tapast með geislun út í gegnum glerið. Þess vegna verður heitara inni í gróðurhúsinu en utan þess.

Sumar lofttegundir andrúmsloftsins verka á svipaðan hátt og glerið í gróðurhúsinu. *Koltvíoxíð, metan, vatnsgufa, bláturgas* (köfnunarefnisoxíð) og *óson* varna því að hluti varmans frá jörðu geti horfið út í geiminn aftur. Þetta fyrirbæri kallast *gróðurhúsaáhrif*, vegna líkingarinnar við gróðurhús. Lofttegundirnar, sem nefndar voru hér fyrr og draga úr útgeislun varma frá jörðu, kallast *gróðurhúsalofttegundir*.

Gróðurhúsaáhrif eru náttúrulegt fyrirbæri. Án þeirra væri meðalhitinn um það bil  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  í stað 15 gráða sem hann er nú. Gróðurhúsaáhrifin eru því forsenda lífs á jörðinni. Umsvif manna hafa þó á allra síðustu öldum orðið til þess að efla gróðurhúsaáhrifin.

## Hnattræn hlýnun veldur loftslagsbreytingum

Þegar *jarðefnaeldsneyti* er brennt, til dæmis bensíni, olíu eða gasi, myndast koltvíoxíð. Styrkur koltvíoxíðs í andrúmsloftinu hefur aukist um tæplega 40% frá því um miðja 19. öldina. Meiri gróðurhúsaáhrif nú stafa fyrst og fremst af þessari aukningu á styrk koltvíoxíðs í lofthjúpunum. Þegar meðalhiti hækkar á jörðinni hefur það áhrif á loftslagið. Hlýnun jarðar kemur meðal annars fram í minnkun jökla og í því að gróður er skyndilega farinn að vaxa þar sem hann óx ekki áður. Veðurfarið á jörðinni og vistkerfi hennar eru gríðarlega flókin fyrirbæri og víst er að það er mjög erfitt að segja fyrir um þær breytingar sem hlýnunin veldur.



Hluti þeirrar varmageislunar, sem geislar út frá landi og hafi, kemst ekki út úr lofthjúpunum vegna gróðurhúsalofttegundanna. Sú staðreynd veldur því að meðalhiti á jörðinni er rúmlega 30 gráðum hærri en hann væri annars.



Jöklarnir minnka með hverju árinu sem líður vegna hlýnunar jarðar.

## Í BRENNIDEPLI

# Eru loftslagsbreytingar staðreynd?

### Loftslagsbreytingar eru orðnar augljósar

Einstaklega og óvenjulega sólrík sumur, mjög djúpar lægðir og síðast en ekki síst stöðugt minnkandi jöklar á síðustu árum og áratugum hafa fengið marga til þess að trúna því að veðurfarið sé að breytast og að við megum búast við enn meiri breytingum í framtíðinni.

Mælingar sýna að meðalhitinn á jörðinni hefur hækkað um 0,7 gráður á síðustu hundrað árum. En gæti þessi hækkun ekki einfaldlega verið náttúruleg sveifla á einni öld? Vísindamenn telja að það sé ekki líklegt. Þeir eru á því að náttúrulegar sveiflur geti ekki orðið meiri en 0,2 gráður.

Pegar úrkoman er skoðuð geta menn ekki merkt neina greinilega breytingu. Þótt mikið rigni sum árin er ekki hægt að sjá að það tengist loftslagsbreytingunum. Mælingar sýna þó að úrkoma á Íslandi hefur aukist lítillega frá því um 1960.

Yfirborð sjávar hefur einnig hækkað á síðustu hundrað árum en það er þó ekki alltaf augljóst því að sums staðar er land að rísa. Ein mikilvægasta sönnunin fyrir loftslagsbreytingum er hins vegar sú mikla bráðnun íss og jökla sem er augljós bæði á norður- og suðurhveli. Flestir vísindamenn telja að þetta sé ekki vegna náttúrulegra sveiflna heldur vegna umsvifa mannsins.

### TIL UMRÆÐU

- Hefur þú áhyggjur af loftslagsbreytingum eða heldur þú að þetta verði allt í lagi?
- Hvernig getur þú og bekkurinn þinn lagt ykkar af mörkum til þess að minnka magn þess koltvíoxíðs sem berst út í andrúmsloftið?

### Hvað er milliríkjanefnd um loftslagsbreytingar?

Sameinuðu þjóðirnar hafa safnað saman öllum upplýsingum sem til eru um loftslagsbreytingar á jörðinni. Sú deild innan Sameinuðu þjóðanna sem fer með þessi mál nefnist milliríkjanefnd um loftslagsbreytingar. Markmiðið er ekki að rannsaka og afla nýrrar þekkingar heldur að safna saman þeim upplýsingum og þeirri þekkingu sem liggur þegar fyrir og draga niðurstöðurnar saman. Milliríkjanefndin hefur starfað frá 1988 og að henni standa 194 af ríkjum heimsins. Í síðustu skýrslu nefndarinnar árið 2013 er því meðal annars haldið fram að maðurinn beri ábyrgð á þeirri hnattrænu hlýnun sem orðið hefur frá því um 1950. Vegna umsvifa hans hefur styrkur gróðurhúsalofttegunda aukist í lofthjúpnunum og það veldur því að bæði lofthjúpurinn og heimshöfin hafa hitnað. Hlýnunin hefur valdið því að snjóbreiður og jöklar hafa minnkað á jörðinni og það hefur leitt til þess að sjávarborð hækkar. Milliríkjanefndin spáir því að meðalhiti á jörðinni muni hækka um 1,5 °C hið minnsta til loka 21. aldar.

#### TIL UMRÆÐU

- Hefur þú heyrt talað um þessa milliríkjanefnd SP og skýrslu hennar fyrr?
- Hvað fleira kemur fram í síðustu skýrslunni?

### Getum við treyst nýjustu líkönunum um loftslagsbreytingar?

Stafa loftslagsbreytingarnar í raun og veru af umsvifum mannsins? Má ekki skýra þessa hægu hlýnun á annan hátt? Er breyting á virkni sólarinnar kannski skýringin? Þeir vísindamenn eru til sem telja að við vitum allt of lítið um þessi mál og að við verðum að afla frekari upplýsinga. Á vegum SP hafa verið settar fram sviðsmyndir sem er ætlað að sýna hvernig veðurfarid muni verða á jörðinni eftir 100 ár og vísindamenn á Íslandi hafa reynt að spá fyrir um afleiðingarnar hér á landi. Samkvæmt spá þeirra ættu bæði sumur og vetur að verða hlýrri, einkum á Norðurlandi og úrkomu eykst. Allir taka þó fram að þessar sviðsmyndir (spár) séu mjög ótryggar. Óvissan er einkum þrífætt:

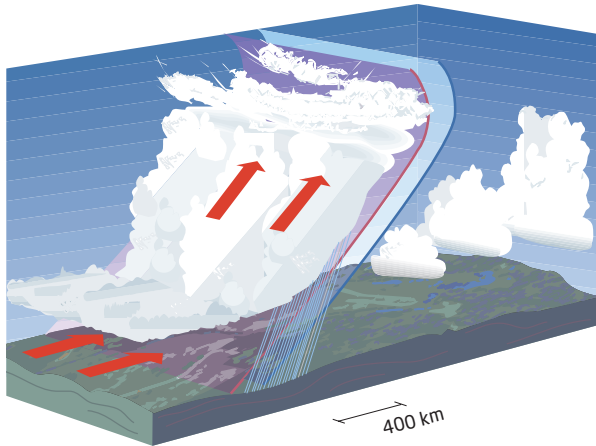
1. Hversu mikið kemur styrkur gróðurhúsalofttegunda til með að aukast í framtíðinni?
2. Auka verður þekkingu á veðurfræðilegum ferlum í lofthjúpnunum svo vísindamenn geti smíðað betri líkön.
3. Sumir útreikningar eru miklum erfiðleikum bundnir. Sum gögnin ná einfaldlega ekki nógu langt aftur í tímann. Sólgeislunin hefur til dæmis aðeins verið mæld á Íslandi frá árinu 1957.

#### TIL UMRÆÐU

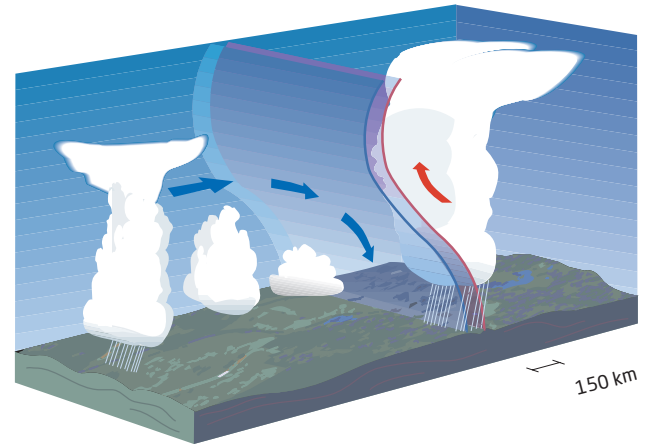
- Ættu skólar og fyrirtæki á Íslandi að breyta rekstri sínum til þess að minnka losun á koltvíoxíði þrátt fyrir að spár um breytt loftslag eftir 100 ár séu óvissar? Hvað finnst þér?



Hitaskil lýsa sér með því að hlýtt loft „klifrar upp eftir“ köldu lofti.



Kuldaskil lýsa sér með því að kalt loft „skriður undir“ heitt loft.



### Hitaskil og kuldaskil

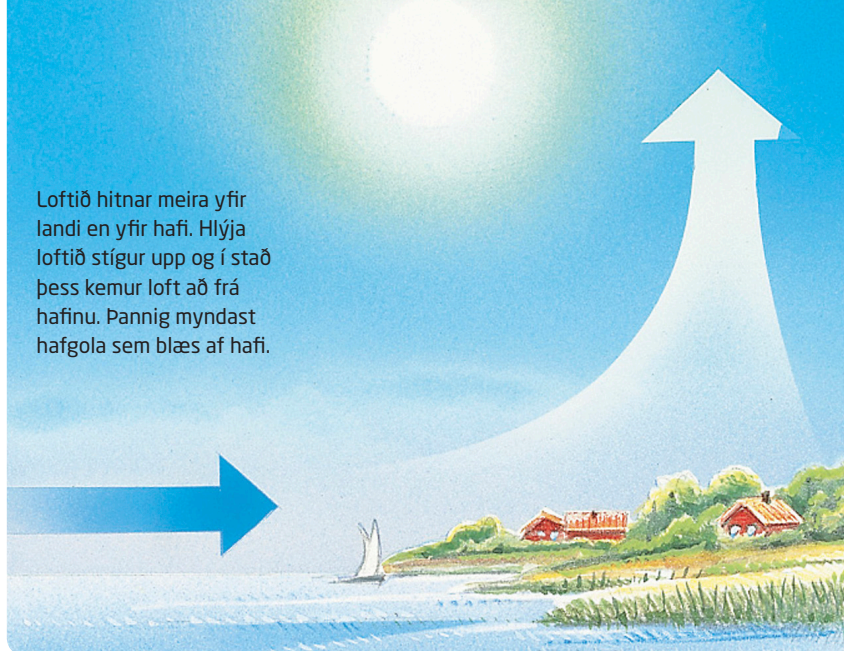
Svokölluð *skil* eru markalína milli hlýs og kalds loftmassa. Skil eru stundum merkt á veðurkort og sýnt er í hvaða átt þau færast. Þau skil, þar sem heitt loft ryður burt köldu lofti, nefnast *hitaskil*. Þar sem kalt loft ryður burt heitu lofti höfum við *kuldaskil*. Skil eru nú yfirleitt ekki teiknuð nema á vinnukortum veðurfræðinga. Á veðurkortinu á bls. 84 sjást þó vel úrkomusvæðin sem fylgja skilunum. Á veðurkortinu sjáum við líka stundum örvar og þær sýna í hvaða átt vindurinn blæs.

### Þannig verða vindar til

*Vindar* verða til þegar munur verður á loftþrýstingi milli svæða. Vindur er loftmassi sem hreyfist frá svæði þar sem loftþrýstingur er hár til svæðis með lágum loftþrýstingi. En vegna þess að jörðin snýst blása þeir ekki beinustu leið frá frá háþrýsti- til lágþrýstisvæðis. Þess í stað myndast miklir vindsveipir þar sem vindurinn blæs í hring. Vindar blása *réttsælis* kringum hæðir (háþrýstisvæði) en *rangsælis* kringum lægðir (lágþrýstisvæði). Vindar eru oftast mun öflugri í lægðum en í hæðum.

#### Mat á vindhraða eftir Beaufort-kvarða

	Heiti	Vindhraði í m/s	Lýsing
0	Logn	0-0,2	Reyk leggur beint upp.
1	Andvari	0,3-1,5	Flögg hreyfast ekki.
2	Kul	1,6-3,3	Skrjáfár í laufi.
3	Gola	3,4-5,4	Lauf og smágreinar titra.
4	Stinningsgola	5,5-7,9	Litlar trjágreinar bærast.
5	Kaldi	8,0-10,7	Lítill lauftré sveigjast.
6	Stinningskaldi	10,8-13,8	Stórar greinar svigna.
7	Allhvass vindur	13,9-17,1	Stór tré sveigjast til.
8	Hvassviðri	17,2-20,7	Trjágreinar brotna.
9	Stormur	20,8-24,4	Lítillsháttar skemmdir á mannvirkjum.
10	Rok	24,5-28,4	Talsverðar skemmdir á mannvirkjum.
11	Ofsaveður	28,5-32,6	Miklar skemmdir á mannvirkjum.
12	Fárviðri	≥ 32,7	Allt lauslegt fýkur.



Loftið hitnar meira yfir landi en yfir hafi. Hljá loftið stígur upp og í stað þess kemur loft að frá hafinu. Þannig myndast hafgola sem blæs af hafi.

## Hafgola

Við sem búum við strendur Íslands verðum á sumrin oft vör við það sem nefnist *hafgola*. Það er vindur sem blæs af hafi og inn á land. Hafgolann myndast vegna þess að loft hitnar hraðar yfir landi en yfir hafinu. Hljá loftið yfir landinu stígur upp og kalt loft kemur af hafi í staðinn. Hafgolunnar verður oft vart síðari hluta dags, einna helst á sólríkum dögum.

## Þannig myndast ský

Ský myndast þegar hlýtt og rakt loft stígur upp í lofthjúpnum. Kaldara verður eftir því sem ofar kemur í lofthjúpnum og þess vegna kólnar loftið þegar það stígur. Í ákveðinni hæð er hitastigið orðið svo lágt að ósýnileg vatnsgufan í loftinu *þéttist* og verður að smáum *vatnsdropum* (fyrirbærið nefnist þétting). Verði enn kaldara myndast *ískristallar*. Þessir vatnsdropar og ískristallar mynda það sem við köllum ský. Mörg ský eru úr vatnsdropum neðan til en efri hluti þeirra er ískristallar.

Á sumrin er oft skýjað yfir landi en til hafsins er heiðskírt. Skýringin er sú að loftið hitnar hraðar yfir landi. Hljá loftið stígur upp og þá myndast ský yfir landinu.

Ský myndast einnig þar sem skil hreyfast. Við hitaskil ýtist hlýtt loft upp yfir kyrrstætt, kalt loft. Hljá loftið kólnar við þetta og þá myndast ský. Nánast það sama gerist við kuldaskil. Þar ýtist kalt loft inn undir hlýtt loft. Hljá loftið er þvingað upp á við og þá kólnar það og ský myndast.

## ITAREFNI

### HVERS VEGNA FINNST OKKUR VINDURINN KALDUR?

Hvers vegna skyldi okkur ekki hitna á höndunum þegar við stingum hendinni út um bílgluggann og sameindir loftsins skella á henni? Munum að það verður heitara eftir því sem meiri hreyfing er á sameindunum. Sameindir loftsins svífa venjulega allt um kring með hraða sem er nálægt 500 m/s. Þegar þú rekur höndina út um bílgluggann rekast sameindirnar á höndina með lítið eitt meiri hraða en munurinn er svo lítill að þú skynjar ekki aukinn hita. Hins vegar rífur vindurinn í burtu verndandi loftlag sem er næst húðinni og þess vegna finnst þér kaldara.



Stundum rignir meira en venjulega, en flóð vegna rigninga eru fremur fátíð á Íslandi.

Lofti er þrýst upp í miklar hæðir þar sem há fjöll eru fyrir. Vindmegin við fjöllin, það er á Suðurlandi í sunnanátt og á Norðurlandi í norðanátt, rignir oft og mikið. Undir bröttum fjöllum er því oft mikil úrkoma, til dæmis undir stóru jöklunum á Suðurlandi. Á Kvískerjum undir Örafajökli er *meðalúrkoma* á ári til dæmis um 3300 mm. Mesta úrkoma á ári þar mældist árið 2002, alls 4630 mm, og hefur hvergi mælst meiri úrkoma á einu ári hér á landi.

## Regn, snjór og haglél

*Regn* verður þegar vatnsdropar í skýi rekast hver á annan með þeim afleiðingum að þeir stækka sífellt. Þegar droparnir eru orðnir of þungir til að svífa falla þeir til jarðar. Ef skýið er nægilega kalt myndast ískristallar. Þeir sameinast regndropunum og úrkoman fellur sem regn, *snjór* eða *haglél*.

Stundum ýtist hlýtt loft upp eftir háum fjallshlíðum. Þetta gerist hér á landi bæði í norðan- og sunnanáttum.

## SIJALFSPRÓF UR 3.4

### ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

• hæð • lægð • vindátt (vindstefna) • jafnþrýstilína • skil • hafgola • þétting

#### 1. Hvað vantar í töfluna?

ÞAÐ SEM ER MÆLT	EINING (TÁKN)	MÆLITÆKI
Hitastig	Selsíusgráður (°C)	Hitamælir
Lofþrýstingur	a)	b)
Lofþraki	c)	d)
Vindhraði	e)	f)
Úrkoma	g)	h)
Skýjahula	i)	j)

#### 2. Úr hverju eru skýin gerð?

#### 3. Hvernig myndast vindar?

#### 4. Á veðurkortinu má sjá línur og við þær standa tölur, til dæmis 1010. Hvað merkir þetta?

#### 5. Hvernig mæla menn úrkomu þegar hún fellur sem snjór?

#### 6. Hver er munurinn á hitaskilum og kuldaskilum?

#### 7. Skoðuðu veðurkortinu á bls. 84 og svaraðu eftirfarandi spurningum:

- Hversu há er loftþrýstingurinn yfir Íslandi?
- Hvar er miðja hæðarinnar og hver er loftþrýstingurinn þar?
- Hvers konar skil nálgast Ísland?
- Í hvaða átt færast skilin?

#### 8. Hvers vegna blása vindar ekki beint frá hæðarsvæði til lægðarsvæðis?

#### 9. Hvað merkir hugtakið rakastig?

#### 10. Útskýrðu það hvers vegna hafgola gætir oft síðdegis.

#### 11. Hvernig myndast ský og hvers vegna fellur úrkoma úr þeim?

#### 12. Hæðir færast síður úr stað á veturna en á sumrin. Hver gæti skýringin verið.



# Varmaorka

Við notum varma líklega fyrst og fremst til þess að hita húsin okkar og hita vatn handa okkur. Menn á öllum tímum hafa þess vegna velt því fyrir sér hvernig þeir gætu nýtt dýrmætan varmann sem best. Það að elda mat yfir opnum eldi var ekki mjög hagkvæmt því að mestur hluti varmans tapast með reyknum. Það var því talsverð framför þegar menn fóru að nota eldavélar með eldhólfi.

## Varmi er eitt form orkunnar

Á veturna verðum við að hita húsin okkar. Við hér á Íslandi búum svo vel að við sækjum varmann í iður jarðar. Við borum eftir heitu vatni og leiðum það langar leiðir með pípum og inn í hvert hús víða á landinu. Þar er heitt vatnið leitt um ofna sem hita hvert herbergi. Varminn í heita vatninu er eitt af orkuformum náttúrunnar. Venjulega tölum við einfaldlega um varma en nákvæmara er að tala um *varmaorku*.

## Frumeindir og sameindir á hreyfingu

*Varmi* er mælikvarði á hreyfingu frumeinda og sameinda í efni. Í ís sitja sameindirnar til dæmis á ákveðnum stöðum. Þær hreyfast þó svolítið fram og aftur, þær sveiflast (titra). Þegar hitinn hækkar verða sveiflurnar kröftugri. Því hærra sem hitastigið verður þeim mun meira sveiflast sameindirnar.

Verði hitinn nægilega hár sveiflast sameindirnar svo mikið að þær hverfa úr sínum föstu skorðum. Ísinn bráðnar og verður að *vökva*, að vatni. Vatnið breytist svo í *lofttegund*, gufu.

Svo gengur þetta líka í öfuga átt. Því lægra sem hitastigið verður þeim mun minni verður hreyfing sameindanna. Ef hitastigið lækkar nægilega stöðvast hreyfing sameindanna algerlega. Þegar sameindirnar eru orðnar fullkomlega kyrrar getur ekki orðið kaldara. Þá hefur náðst sá punktur á selsíusvarðanum sem nefnist alkul. Eðlisfræðingar hafa reiknað út að þetta eigi sér stað við  $-273\text{ °C}$ .

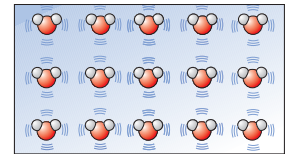
## SIÁLFSPRÓF ÚR 3.5

1. Nefndu tvær mismunandi myndir orkunnar.
2. Hvað er alkul?
3. Útskýrðu það sem gerist frá því að ís bráðnar og þar til vatnsgufa myndast.

### Varmaorka er eitt margra orkuforma:

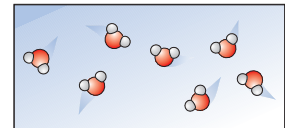
raforka  
**varmaorka**  
 geislunarorka  
 efnaorka  
 vélræn orka  
 stöðuorka  
 hreyfiorka  
 kjarnorka

Fast form (ís)



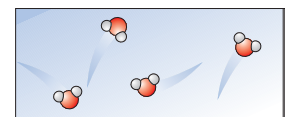
Sameindirnar eru í föstum skorðum og sveiflast til og frá.

Fljótandi form



Sameindir vatns hreyfast tiltölulega frjálssar.

Gasform (lofttegund)



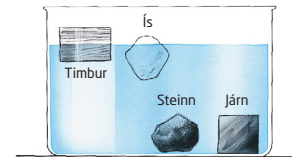
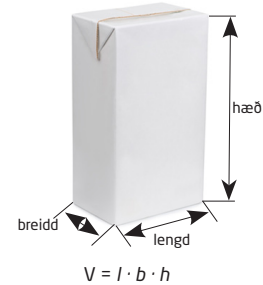
Sameindir vatnsgufu hreyfast algerlega frjálssar.

## SAMANTEKT

3.1

**Massi, rúmmál og eðlismassi**

- Massi er ekki það sama og þyngd.
- Kílógramm (kg) er grunneiningin fyrir massa.  
1 tonn = 1000 kg  
1 kg = 1000 g  
1 hg = 100 g
- Rúmmál er mælt meðal annars í rúmdesimetrum ( $dm^3$ ) eða rúmsentimetrum ( $cm^3$ ).  
Aðrar einingar eru lítri (l) og millílítri (ml).  
1  $dm^3$  = 1 l (lítri)  
1  $cm^3$  = 1 ml
- Rúmmál kassa er reiknað á eftirfarandi hátt: Rúmmál = lengd · breidd · hæð
- Vatn hefur eðlismassann 1 g/ $cm^3$ . Þá vegur 1  $cm^3$  af vatni 1 g.
- Þegar við reiknum eðlismassa hlutar deilum við rúmmáli hans upp í massa hans.
- Eðlismassinn sker úr um það hvað flýtur á vatni eða ekki. Timbur hefur minni eðlismassa en vatn. Þess vegna flýtur timbur á vatni. Járn hefur meiri eðlismassa en vatn og sekkur þess vegna.



Pau efni sökkva sem eru eðlisþyngri (hafa meiri eðlismassa) en vatn.

3.2

**Varmi hefur áhrif á eðlismassann**

- Öll efni þenjast út þegar þau hitna. Efni í gasformi (lofttegundir) þenjast mest út en föst efni minnst.
- Tvímálmur er málmræma úr tveimur mismunandi málum sem eru pressaðir saman. Málmarnir þenjast mismikið út þegar þeir hitna. Þetta veldur því að tvímálmurinn bognar og því er hægt að nota hann sem straumrofa í hitastilli. Tvímálmur er líka í sumum hitamælum.
- Í hitamælum með vökva er venjulega kvikasilfur. Þegar hitinn hækkar þenst kvikasilfrið út og stígur í pípu mælisins.
- Eðlismassi allra efna minnkar þegar þau hitna. Vatnið er þó mikilvæg undantekning frá þessari reglu. Eðlismassi vatns eykst þegar hiti þess hækkar úr 0 °C og upp í 4 °C. Eftir það minnkar eðlismassinn. Eðlismassi vatns er því mestur við +4 °C. Af þessari ástæðu botnfrjósa stöðuvötn ekki á veturna.
- Í flestum löndum mæla menn hitann í selsíusgráðum (°C). Á selsíusvarðanum eru tveir fastapunktur: 0 °C (frostmark vatns) og 100 °C (suðumark vatns).
- Kelvinkvarðinn miðast við alkul, sem er 0 K = -273 °C..



Selsíusvarði og kvarði Fahrenheits.



Vatn, sem er +4 °C sekkur til botns.

3.3

**Varmi flyst á þrjú mismunandi vegu**

- Varmi flyst á þrjú vegu: með varmaleiðni, varmaburði og varmageislun.
- Flestir málmar leiða varma vel. Silfur og kopar leiða varma best allra málma. Efni á borð við timbur, gúmmí og loft leiða varma hins vegar illa.

- Varmi flyst í vökvum og lofttegundum með varmaburði. Varmi flyst með varmaburði frá ofni með loftinu um herbergið.
- Hlýtt loft er eðlisléttara en kalt loft. Menn færa sér það í nyt í heitaloftsbelgjum.
- Varmi flyst frá sól til jarðar með varmageislun.
- Ef dökkur flötur og ljós flötur eru jafnheitir geislar dökki flöturinn út meiri varma en sá ljósi.
- Dökkur flötur (dökkt yfirborð) drekkur í sig meiri varma en ljós flötur. Þess vegna er óheppilegt að vera í dökkum fötum á sólríkum sumardegjum.
- Varmageislun sólar hitar vatn í sólgildrum. Nota má heita vatnið beint eða geyma það í tönkum.

3.4

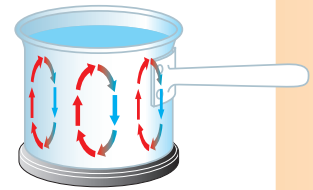
### Veður og vindar

- Veður er mismunandi vegna þess að loft, land og haf hitna mismikið.
- Á veðurathugunarstöð mæla menn hitastig, loftþrýsting, vindstyrk, vindátt, skýjahulu og úrkomu. Gögnin eru send til Veðurstofu Íslands sem nýtir þau við gerð veðurspáa og veðurkorta.
- Hiti er mældur í selsíusgráðum (°C), loftþrýstingur í hektópaskölum (hPa), rakastig í prósentum (%), vindstyrkur í metrum á sekúndu (m/s) og úrkoma í millimetrum (mm).
- Vindáttin segir til um það úr hvaða átt vindurinn blæs.
- Skil eru markalína milli kalds og hlýs loftmassa.
- Vindur myndast þegar loftmassi streymir frá svæði þar sem loftþrýstingur er háur til svæðis þar sem loftþrýstingur er lægri.
- Hafgola er vindur sem blæs inn á land. Hafgola gætt oft síðdegis á sólríkum degi.
- Ský er gert úr fingerðum vatnsdropum og ískristöllum.
- Ský myndast þegar loftmassi stígur upp í lofthjúpnunum. Þá kólnar ósýnileg vatnsgufan í loftinu og hún þéttist í smáa vatnsdropa.

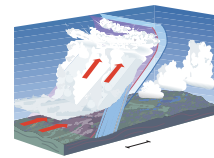
3.5

### Varmaorka

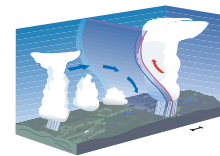
- Varmaorka er eitt margra orkuforma.
- Varmaorka er mælikvarði á hreyfingu frumeinda og sameinda.
- Því heitara sem efni í föstu formi er þeim mun meira hreyfast eindir efnisins. Ef efnið verður nægilega heitt missa eindirnar sína föstu stöðu. Efnið breytist í vökva eða lofttegund.
- Því kaldara sem efni er þeim mun minni er hreyfing eindanna. Verði efnið nægilega kalt hætta eindirnar algerlega að hreyfast. Það gerist við  $-273\text{ °C}$  og sá punktur nefnist alkul.



Varmi flyst með varmaburði.



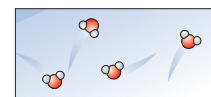
Hitaskil



Kuldaskil



Hafgola er vindur sem blæs af hafi.



Varmaorka er mælikvarði á hreyfingu einda í efni.

## LOKAHDYKKURINN

1 Tengdu hugtökin til vinstri við lýsingarnar til hægri.

- |               |                                       |
|---------------|---------------------------------------|
| 1 Hitastillir | A Varmaflutningur í stálstöng         |
| 2 Alkul       | B Mælist í hPa                        |
| 3 Eðlismassi  | C Vatnsgufa breytist í vatnsdropa     |
| 4 Varmaleiðni | D Verkar sem straumrofi               |
| 5 Varmaburður | E Myndast vegna munar á loftþrýstingi |
| 6 Loftvog     | F Lægsta hitastig sem hægt er að ná   |
| 7 Vindur      | G Minnkar með hækkuðum hita           |
| 8 Pétting     | H Varmaflutningur í vatni             |

2 Á köldum vetrardegi heldur þú um koparstöng með annarri hendi og um prik úr tré með hinn. Hver hefur rétt fyrir sér?

Mér finnst koparstöngin vera kaldari af því að hún leiðir varma frá hendinni.

A



Mér finnst báðir hlutirnir vera jafnkaldir af því að þeir hafa báðir sama hitastig.

B



Mér finnst prikið ekki vera jafnkalt og stöngin vegna þess að eðlismassi þess er minni.

C



Mér finnst koparstöngin vera kaldari vegna þess að hún er þyngri en prikið.

D



3 Á Íslandi rignir mest sunnan undir stóru jöklunum. Hvers vegna er úrkoman svo mikil þar?

4 Á köldum vetrardegi er eins og fólk andi frá sér reyk. Hvað er það sem gerist?

5 eru gróðurhúsaáhrifin til góðs eða ills fyrir okkur sem lifum á jörðinni? Útskýrðu það hvernig þú hugsar þetta.

6 Ímyndaðu þér að þú sért 25 ára og ætlir að kaupa fyrsta bílinn þinn. Þú stendur frammi fyrir því vali að kaupa venjulegan bensínbíl eða rafmagnsbíl.

- Nefndu tvo kosti við það að kaupa rafmagnsbíl og tvo ókosti.
- Hver af fullyrðingunum í A-D telst vera umhverfisvæn?

- Það er ekkert varið í að keyra rafmagnsbíl því að þeir eru svo kraftlausir.
- Rafmagnsbílar eru ekki öruggir í umferðinni.
- Rafmagnsbílar losa ekki koltvíoxíð.
- Rafmagnsbílar eru dýrir.

7 Júlía og Saga vilja finna út hversu mikið blý þenst út þegar það er hitað.

- a) Hvaða tilraun heldur þú að veiti áreiðanlegustu niðurstöðurnar?
- A. Júlía tekur 10 cm langa blýstöng, hitar hana og mælir hana þrisvar sinnum með reglustiku.
  - B. Saga tekur 1 m langa blýstöng, hitar hana og mælir lengdina með málbandi.
  - C. Júlía tekur 30 cm langa blýstöng, hitar hana og mælir hana þrisvar sinnum með málbandi.
  - D. Saga tekur 1 m langa blýstöng, hitar hana og mælir hana með málbandi. Tilraunin er gerð þrisvar sinnum.
- b) Færðu rök fyrir því að þú hafir valið réttasta möguleikann.

8 Þegar vatn er hitað á eldavélarhelli fara smáar bólur fljótlega að stíga frá botninum og upp á yfirborðið. Hvers konar bólur eru þetta? Hver er með rétta svarið?

*Vigdís:* Þetta eru loftbólur.

*Matthildur:* Í bólunum er lofttæmi.

*Hanna:* Í bólunum er vatnsgufa.

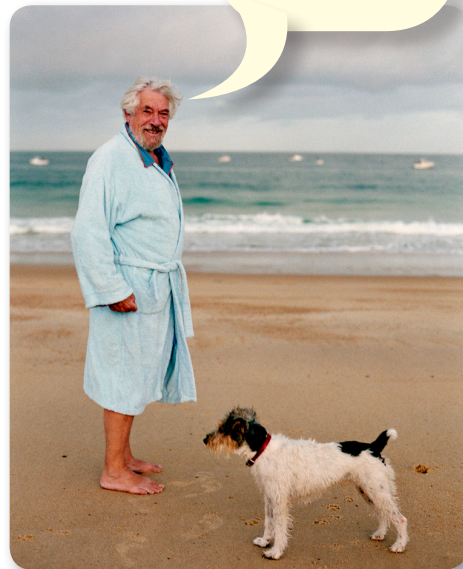
*Jónas:* Súrefni er í vatninu og þess vegna er súrefni á gasformi í bólunum.

9 Kalli býr í húsi á ströndinni. Hvað viltu segja um fullyrðingu hans. Hvernig hugsar þú í svarinu?

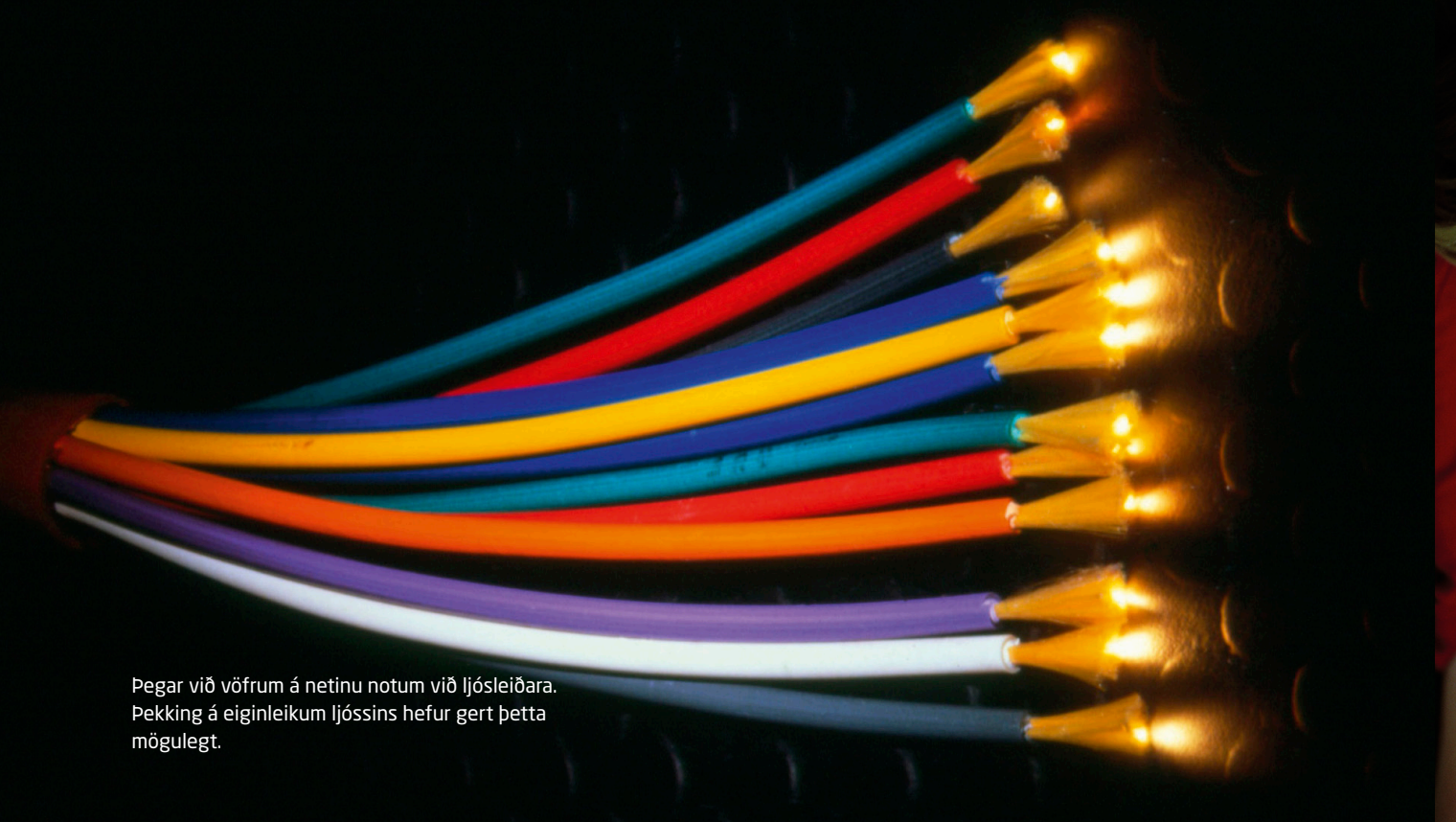
10 Í gufubaði getur hitastigið orðið 80 °C. Manni finnst heitt en brennir sig þó ekki. Við getum hins vegar ekki baðað okkur í jafnheitu baðvatni. Útskýrðu ástæðuna.

11 Stína sagði: „Í gær var hitinn fimm gráður, en í dag er tíu gráða hiti. Það er sem sagt tvöfalt heitara í dag en í gær.“ Hefur Stína rétt eða rangt fyrir sér? Útskýrðu hvernig þú hugsar svarið.

Við fengum almennilega hafgolu nú síðdegis af því að morgunninn var sólríkur og dásamlegur.







Pegar við vöfrum á netinu notum við ljósleiðara. Þekking á eiginleikum ljóssins hefur gert þetta mögulegt.

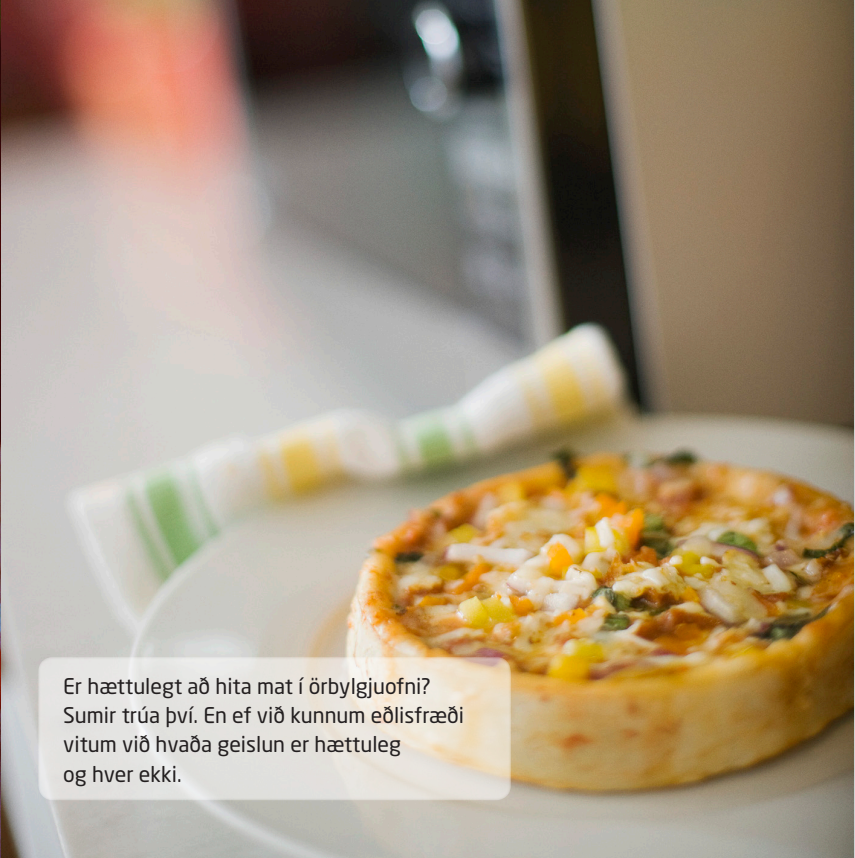
# 4 LJÓÐ

## Knýr rafrænar hraðbrautir í lífi okkar

Geislar sólarinnar búa yfir merkilegum eiginleikum. Þeir sjást ekki en lýsa engu að síður upp tilveru okkar og lífga hana. Við sjáum heldur ekki útfjólubláa geislun sólarinnar en engu að síður er það hún sem gerir okkur útitekin á ströndinni. Nú búum við yfir kunnáttu til að senda upplýsingar með hjálp *ljóss*, hraðar en nokkru sinni fyrr. Leiðslur úr gleri koma æ víðar í stað símþráða úr kopar. Við getum líka búið til ljós sem finnst ekki í náttúrunni, það er að segja leysigeisla. Með leysigeislum getum við meðal annars mælt fjarlægðir og lagað sjóngalla í augum.



Pekkir þú þetta fyrirbæri? Sólin skín gegnum hlut úr gleri og þá myndast allir litir regnbogans. Átt þú einhvern hlut úr gleri heima sem þú getur notað til þess að prófa þetta? Virkar þetta líka ef ljósgjafinn er pera?



Er hættulegt að hita mat í örbylgjuofni? Sumir trúa því. En ef við kunnum eðlisfræði vitum við hvaða geislun er hættuleg og hver ekki.

## Í ÞESSUM KAFLA LÆRIR ÞÚ

- hvernig þekking manna á ljósinu hefur þróast þannig að við vitum nú að ljós er bæði geislar af ögnum og bylgjuhreyfing
- hvernig ljós endurkastast í mismunandi speglum og hvernig ljós brotnar, til dæmis í gleri og vatni
- hvernig gamlar og nýjar uppfinningar í ljósfræði hafa fært okkur nýja tækni og hvernig þær hafa breytt lífi okkar
- að hvítt ljós getur klofnað upp í litróf og hvernig augað skynjar liti
- að sýnilegt ljós er hluti af rófi með rafsegulbylgjum og að það er aðeins mismunandi bylgjulengd sem greinir þær sundur
- hvers vegna sumar tegundir rafsegulgeislunar eru hættulegar en aðrar algerlega skaðlausar
- að lýsa því hvernig umsvif mannsins hafa haft áhrif á ósonlag jarðar og útskýra þá breytingu sem hefur átt sér stað
- að geislunarorka er ein af mörgum myndum orkunnar

## EFNI KAFLANS

- 4.1 Útbreiðsla ljóss og endurkast þess
  - 4.2 Ljósbrott
  - 4.3 Sjóntæki
  - 4.4 Ljós og litir
- Í BRENNIDEPLI
- Ljósleiðarar fyrir alla?
- 4.5 Geislunarorka og efnaorka

## Útbreiðsla ljóss og endurkast þess

Áður var því trúað að augun sendu út ósýnilega ljósgeisla. Menn héldu það vegna þess að allt varð dimmt ef augunum var lokað. Nú vitum við að það þarf einhvers konar ljósgjafa til þess að við sjáum eitthvað.



Við segjum stundum „augað er spegill sálarinnar“, og margt annað hefur verið sagt um augun. Hugmyndir um eðli þeirra voru lengi vel byggðar á misskilningi og vanþekkingu. Allt fram á 16. öld trúðu menn því að *augun* væru einhvers konar ljósgjafi. Sú var trú manna að augun, rétt eins og eldurinn, sendu út ósýnilega „sjóngeisla“ og að þess vegna sæju menn hluti og fyrirbæri. Þetta skýrði líka hvers vegna menn sæju ekkert ef augunum var lokað. Nú vitum við að augun starfa á allt annan hátt. Engu að síður ætlum við þeim ýmislegt annað en að „sjá“ veröldina kringum okkur.

### Þannig sjáum við

Ímyndaðu þér að þú sért í herbergi þar sem er niðdimmt. Þú sérð ekki nokkurn skapaðan hlut þar inni. Þegar þú kveikir á kertaljósi sérð þú skyndilega ítrustu smáatriði í herberginu. Hvað veldur því eiginlega að við sjáum hluti?

Forsenda þess að við sjáum er að við njótum einhvers *ljósgjafa*, til dæmis logandi kertaljóss. Loginn sendir frá sér *ljósgeisla* í allar áttir. Geislarnir falla á húsgögn, lampa og aðra hluti í herberginu. Hluti geislanna fellur til dæmis á klukkuna á veggnum. Þegar geislarnir rekast á klukkuna kastast þeir til baka í allar áttir. Sagt er að ljósið *endurkastist*. Hluti af geislunum, sem endurköstuðust, nær aftur til augna okkar. Inn í auganu, á sjónunni (nethimnunni), kemur fram mynd af klukkunni. Heilinn fær boð frá augunum, vinnur úr þeim og þannig sjáum við klukkuna.

Á sama hátt sjáum við hús, tré, bíla og þúsundir annarra hluta þegar við erum úti undir berum himni. Þar er það hins vegar sólin sem er ljósgjafinn, jafnvel þótt skýjað sé. Geislar sólar endurkastast af öllu sem við sjáum.



Kertaljós eru gamall ljósgjafi sem er notaður enn þann dag í dag.



Ef við sköfum froðuna af verður erfitt að sjá rúðuna sjálfa.

### Efni sem sjást illa

Til eru efni sem ógerlegt er að sjá, til dæmis loftið. Ástæða þess að loft sést ekki er sú að loft endurkastar litlu sem engu ljósi.

Við sjáum sum önnur efni illa, svo sem gler og vatn, þótt þau í reynd endurkasti ljósi. Hrein glerrúða endurkastar aðeins litlum hluta þess ljóss sem fellur á hana. Þess vegna eiga augun erfitt með að greina rúðuna. Þegar gluggarnir eru orðnir óhreinir sjáum við glerið betur. Þá eru það agnirnar í óhreinindunum, fremur en sjálft glerið, sem endurkasta ljósinu.

### Þannig myndast skuggar

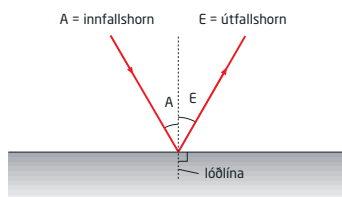
Ljosið ferðast ávallt beint áfram, eftir beinni línu, og þess vegna myndast *skuggar* sem geta stundum verið skarpir. Skuggarnir geta þó líka verið ógreinilegir og daufir. Það gerist einkum þegar úti er skýjað því að skýin breyta stefnu geislanna. Þeir ljósgeislar, sem ná til jarðar, koma þess vegna úr mörgum áttum.

Lýsing í húsum getur líka gefið ógreinilega skugga. Það gerist ef perurnar eru með svokölluðu möttu gleri. Geislarnir dreifast þá í allar áttir í herberginu. Slíkar perur senda frá sér ljós sem gefur mjúka skugga. Ef peran er hins vegar með glæru gleri verða skuggarnir skarpir.

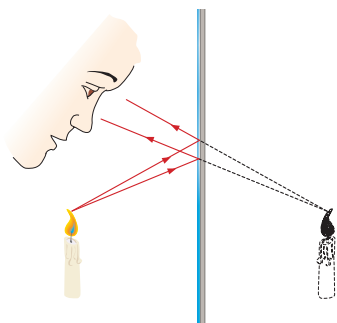
Sólarljósið hreyfist eftir beinum línunum og þess vegna myndast skarpir skuggar.



Í sléttum spegli verður spegilmyndin jafnstór fyrirmyndinni, en viðsnúin.



Innfallshorn er jafnstórt útfallshorninu.



Augað sér mynd sem okkur finnst vera aftan við spegilinn. Spegilmyndin er jafnlangt fyrir aftan spegilinn og hluturinn er fyrir framan hann.

## Innfallshorn og útfallshorn

Þegar ljós fellur á ósléttan flöt endurkastast geislar þess í allar áttir. Ef ljós fellur hins vegar á sléttan flöt, til dæmis á *spegil*, kastast það af speglinum nákvæmlega jafnbeint eða jafnmikið á ská og það féll á hann.

Við skulum fylgjast með einum, stökum ljósgeisla sem fellur á spegil. Við drögum línu hornrétt á spegilinn gegnum punktinn þar sem geislinn fellur. Línan nefnist *lóðlína*. Hornið, sem myndast milli geisla sem fellur á spegilinn og lóðlínunnar, nefnist *innfallshorn*. Hornið, sem myndast milli geisla sem endurkastast og lóðlínunnar, kallast *útfallshorn*.

Ljósgeislinn endurkastast alltaf þannig að innfallshornið er jafnstórt útfallshorninu. Sama regla gildir þegar við sláum bolta í vegginn í skvassi eða skjótum kúlunni í battann á biljarðborði.

## Sléttir speglar

Þegar við stöndum fyrir framan *sléttan spegil* (planspegil) sjáum við mynd af sjálfum okkur. Myndin er jafnstór og við erum í raun og okkur finnst við vera fyrir aftan spegilinn, jafnlangt og við erum fyrir framan hann. *Spegilmyndin* er þó ekki alveg rétt. Hægri hlið hefur skipt við vinstri hlið. Myndin af raunveruleikanum er viðsnúin, hún er öfug.

Hvernig verður myndin þá til? Til að útskýra það notum við logandi kerti og stillum því upp framan við spegilinn. Loginn sendir frá sér geisla í allar áttir. Ef við tökum þá geisla frá toppi logans sem hafa endurkastast til áhorfandans og framlengjum þá aftur fyrir spegilinn þá skerast þeir í punkti. Í þessum punkti sér auga okkar mynd af toppi logans. Þetta veldur því að okkur finnst loginn vera fyrir aftan spegilinn.

## Holspeglar

Ekki eru allir speglar sléttir. Sumir eru bogdir á einhvern hátt. *Holspegill* er *íhvolfur*, hann er eins og skál sem við horfum inn í. *Kúptur spegill* bognar öfugt við holspegilinn og hann minnir á yfirborð kúlu. Við getum þekkt speglana sundur á því að holspegill er eins og lófinn á krepptri hendi en kúptur spegill eins og handarbakið.

## Brennipunktur

Ljósgeislar, sem hreyfast samhliða hver öðrum, kallast *samsíða ljósgeislar*. Þegar þeir falla á holspegil endurkastast geislarnir og skera hver annan í punkti fyrir framan spegilinn. Þessi punktur nefnist *brennipunktur*.

Brennipunktur kúpts spegils er aftan við spegilinn. Kúptir speglar breiða út ljósgeisla sem falla á þá. Ef geislarnir, sem falla á spegilinn, eru samsíða endurkastast þeir þannig að þeir virðast koma frá brennipunkti sem er aftan við spegilinn.

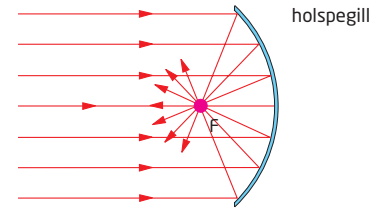
Allir bogdir speglar hafa sérstakan brennipunkt. Fjarlægðin frá brennipunktinum að speglinum nefnist *brennivídd*.

## Þannig notum við holspegla

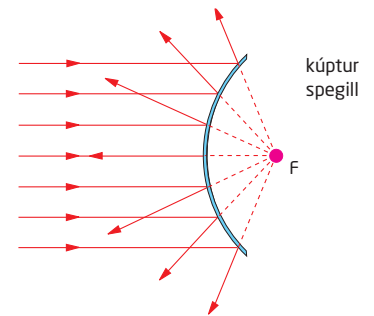
Ef við látum sólarljós falla á holspegil getur orðið mjög heitt í brennipunkti hans. Þetta getum við nýtt okkur í *sólarofni*. Ef við setjum pott með vatni í brennipunktinn getum við látið vatnið sjóða.

Við sjáum annað dæmi um nokkurs konar holspegil víða á húsum – *gervihnattadiska*. Diskur, sem á að fanga útvarps- og sjónvarpsmerki, þarf ekki að hafa slétt yfirborð. Merkin frá gervihnöttunum endurkastast vel engu að síður. Móttakarinn sjálfur, sem nemur merkin, er staðsettur í brennipunkti disksins (holspegilsins).

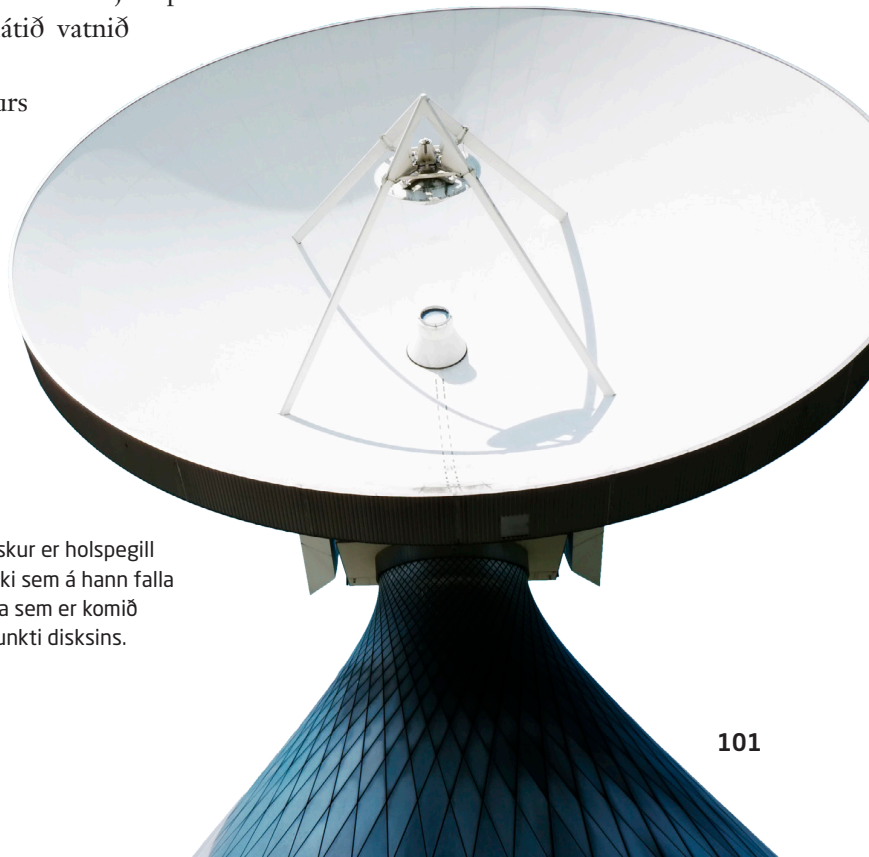
Gervihnattadiskur er holspegill og fangar merki sem á hann falla með móttakara sem er komið fyrir í brennipunkti disksins.

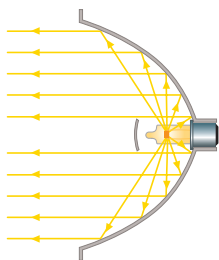


F = brennipunktur



Holspegill safnar saman ljósi, en kúptur spegill tvístrar því.





Í aðalljósum á bíl er peran í brennipunkti spegilsins. Ljósgeislarnir, sem aðalljósið sendir út, eru samsíða geislar. Taktu eftir því sem er framan við peruna. Þessi tilhögun verður til þess að lýsingin verður jafnari.

### Þannig virka aðalljós

Við nýtum okkur þá staðreynd bæði í sólarofnum og gervihnattadiskum að samsíða geislar, sem falla á holspegil, endurkastast og koma saman í brennipunktinum. Í mörgum ljósum veljum við að hafa þetta þveröfugt. Í stað þess að safna geislunum saman í brennipunktinum sendum við geislana út þaðan. Með því að koma peru fyrir í brennipunkti holspegils fáum við fínasta *ljóskastara*. Geislarnir, sem falla á spegilinn, endurkastast þannig að þeir verða allir samsíða. Það tryggir að ljósið dreifist ekki í allar áttir frá kastaranum. Við fáum mjóan og skarpan geisla eins og hann þarf nauðsynlega að vera, til dæmis í *aðalljósum* bíls.

### Myndin í bognum speglum

Ef við speglum okkur í holspegli stækkar myndin ef speglinum er haldið nálægt andlitinu. Ef við færum spegilinn svolítið fjær sjáum við andlit okkar, en á hvolfi. Myndin er auk þess minni en andlitið er í raun og veru. Holspeglar eru notaðir ef við viljum fá stækkaða mynd af andlitinu. Þeir henta vel til dæmis þegar fólk malar sig eða rakar.

Ef við speglum okkur í kúptum spegli verður myndin alltaf smækkuð. Kúptir speglar eru til dæmis við þröng gatnamót þar sem illa sést yfir þau og þeir eru einnig notaðir sem *baksýnispeglar* í bílum. Vegna þess að myndin smækkar fæst mun betri yfirsýn yfir gatnamótin eða veginn aftan við bílinn en ef við notuðum sléttan spegil.

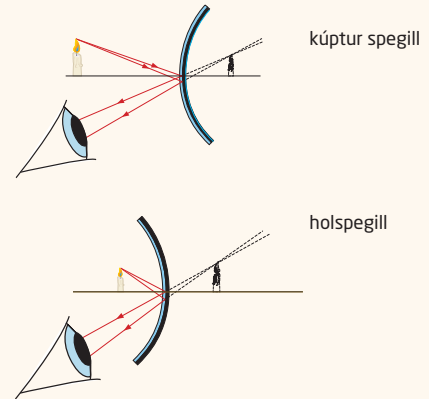


Kúpti spegillinn gerir það að verkum að við sjáum miklu betur yfir gatnamótin en ef notaður væri sléttur spegil.

## ITAREFNI

### ÞANNIG VERÐUR MYNDIN TIL Í BOGNUM SPEGLUM

Myndin minnkar annaðhvort eða stækkar í bognum speglum. Hvers vegna er það? Við getum til dæmis notað kertaljós til að skýra það. Frá toppi logans ganga geislar í allar áttir. Við teiknum tvo af þessum geislum. Þeir endurkastast af speglinum þannig að innfallshornið og útfallshornið verða jafnstór. Ef við framlengjum endurköstuðu geislana aftur fyrir spegilinn þá skera þeir hvor annan. Þar kemur myndin af toppi logans fram. Á myndunum getur þú séð að myndin í kúpta speglinum minnkar en hún stækkar í holspeglinum. Í báðum tilvikum virðist myndin vera fyrir aftan spegilinn.

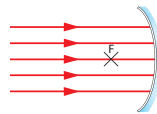


## SJÁLFSPRÓF UR 4.1

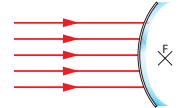
### ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

- ljósgjafi • endurkast • lóðlína • innfallshorn • útfallshorn
- kúptur spegill • holspegill • brennipunktur • brennivídd

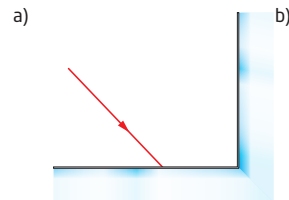
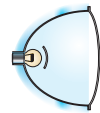
- Stækkar myndin, minnkar hún eða helst hún óbreytt ef þú speglar þig í:
  - sléttum spegli?
  - kúptum spegli?
  - holspegli, nálægt honum?
- Nefndu dæmi um hvernig við nýtum okkur:
  - holspegla,
  - kúpta spegla.
- Teiknaðu mynd sem sýnir það sem gerist þegar ljósgeisli fellur á sléttan spegil.
- Fyrirum trúðu menn því að þeir sæju hluti vegna þess að augun sendu út ósýnilega geisla. Nú vitum við betur. Útskýrðu það hvers vegna þú sérð hluti kringum þig.
- Vatn er gegnsætt efni. Hvers vegna sjáum við vatnið þrátt fyrir það?
  - Hvers konar spegill er þetta?
  - Teiknaðu myndina upp og sýndu hvernig geislarnir ferðast áfram.
  - Hversu löng er brennivídd spegilsins?



- Hvers konar spegill er þetta?
  - Teiknaðu myndina upp, sýndu nokkra geisla og hvernig þeir endurkastast.
  - Hversu löng er brennivídd spegilsins?

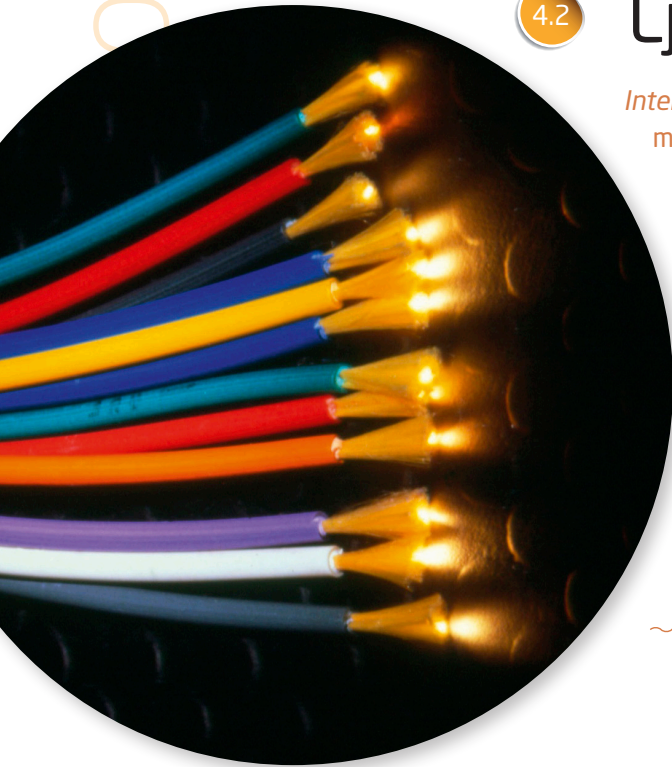


- Myndin sýnir aðalljós á bíl.
  - Hvar er perunni komið fyrir?
  - Teiknaðu myndina upp, sýndu nokkra geisla og hvernig þeir endurkastast.
- Kerti stendur fyrir framan sléttan spegil eins og myndin sýnir. Teiknaðu geislaganginn og spegilmyndina sem verður til.
- Teiknaðu myndirnar upp. Sýndu hvernig geislarnir ferðast áfram.



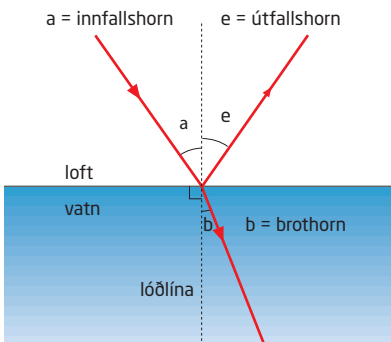


## Ljósbrott



Internetið verður sífellt mikilvægari þáttur í lífi okkar. Þetta merkilega fyrirbæri byggist meðal annars á köplum úr gleri sem eru grafnir í jörðu á þurru landi og lagðir eftir þverum og endilöngum botni heimshafanna. Til að gögn um tiltekna ljósmynd eða eitthvað annað hverfi ekki þegar þau eru send yfir Internetið verður að styrkja merkin með reglulegu millibili. Nú vinna vísindamenn víða um heim að því að búa til nýjar tegundir af köplum. Þeir reyna að betrubæta glerþræðina og gera þá þjálfi svo að hægt sé að beygja þá meira án þess að ljósmerkin leki út og til þess að merkin berist lengri leið án þess að nauðsynlegt sé að magna þau upp. Hvernig getur ljós annars ferðast eftir holum glerþráðum? Áður en við skýrum það skulum við læra svolítið um *ljósbrott*.

Ljós getur ferðast eftir köplum úr gleri. Í hverjum kapli er aragrúi ljósþræða.



Þegar ljós fellur á vatnsyfirborð endurspeglast hluti ljóssins. Við sæjum ekki vatnsflötinn ef þetta væri ekki svona. Hinn hluti ljóssins heldur áfram niður í vatnið, en fer í aðra átt. Ljósgeislarn brotnar í átt að lóðlínunni.

### Ljósgeislar brotna í vatni

Ljós breytir stefnu sinni þegar það fer úr lofti í vatn. Þetta stafar af því að *hraði ljóss* er minni í vatni en í lofti. Hraði ljóss í lofti er 300 000 km/s, en aðeins 225 000 km/s í vatni. Minni hraði ljóss í vatni skýrist af því að eðlismassi vatns er meiri en lofts. Við orðum þetta oft þannig að vatn sé þéttara efni en loft. Því þéttara sem efni er þeim mun minni verður ljóshraðinn í því.

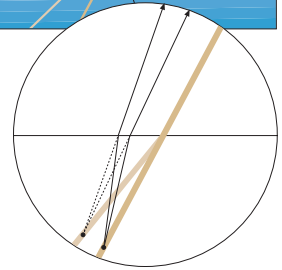
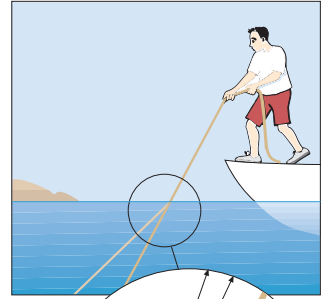
Hornið, sem myndast milli geislans, sem inn kemur, inngeislans, og lóðlínunnar nefnist innfallshorn. Hornið, sem myndast milli lóðlínunnar og ljósgeislans í vatninu, nefnist *brothorn*. Þegar ljósgeisli fer úr lofti í vatn brotnar hann í átt að lóðlínunni. Brothornið verður þá minna en innfallshornið. Ljósgeisli, sem fer úr vatni í loft, brotnar hins vegar frá lóðlínunni. Brothornið verður þá stærra en innfallshornið.

Geislar ljóssins brotna alltaf í áttina að lóðlínunni þegar þeir ganga inn í þéttara efni. Þegar ljósið fer yfir í þynnra efni brotna geislar þess í áttina frá lóðlínunni.

## Brotna bandið

Hafið þið staðið í vatni upp að hnjám og horft niður á fætur ykkar? Hafið þið tekið eftir því að fætturnir eru svo breiðir og stuttir og líta ankannalega út! Band úr akkeri, sem liggur á botni og heldur báti kyrrum, er líka undarlegt. Bandið virðist brotna í vatnsborðinu.

Þegar ljósið fer úr vatninu og upp gegnum loftið brotnar það frá lóðlínunni. Auganu sýnist hins vegar að ljósið ferðist eftir beinni línu og við látum plata okkur. Fætturnir virðast því vera of stuttir í vatninu og bandið sýnist brotið.

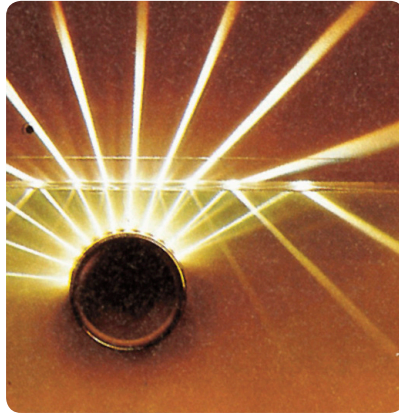


Ljós, sem ferðast úr vatni og upp gegnum loft, brotnar frá lóðlínunni. Augað heldur að ljósið ferðist í beina stefnu og þess vegna látum við plata okkur. Akkerisbandið virðist brotna við vatnsborðið.

## Alspeglun

Skoðum betur ljós sem fer úr vatni í loft. Við rekumst þá á mjög áhugavert fyrirbæri.

Því stærra sem innfallshornið er þeim mun stærra verður brothornið. Þegar innfallshornið er orðið  $49^\circ$  verður brothornið eins stórt og það getur orðið, eða  $90^\circ$ . Þegar innfallshornið er stærra en  $49^\circ$  fer ekkert ljós upp úr vatninu heldur endurkastast það aftur niður í vatnið. Fyrirbærið nefnist *alspeglun*.



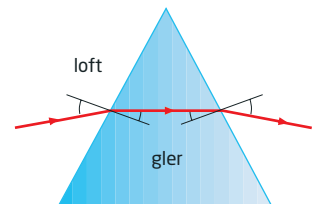
Þegar innfallshornið verður stærra en  $49^\circ$  endurkastast allt ljós niður í vatnið. Fyrirbærið nefnist alspeglun.

## Ljós og gler

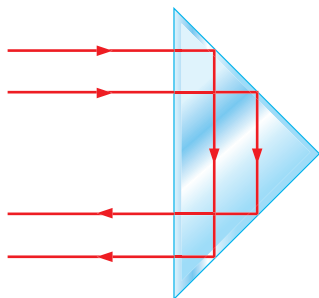
Gler er þéttara efni en bæði loft og vatn. Hraði ljóss er þess vegna minni í glerinu en hinum efnunum, um 200 000 km/s.

Við skulum kanna hvað gerist þegar ljós fer úr lofti gegnum gler. Við látum ljósgeisla falla á *þrístrending* (þríhyrnt gler). Þegar hann gengur inn í þrístrendinginn brotnar geislinn í átt að lóðlínunni. Þegar ljósgeislinn fer svo aftur út í loftið brotnar hann frá lóðlínunni. Á leið sinni gegnum glerstrendinginn breytir ljósgeislinn stefnu sinni tvisvar.

Þegar ljósgeisli fellur á glerrúðu breytist stefna hans líka tvisvar sinnum. Fyrst brotnar geislinn í áttina að lóðlínunni og svo jafnmikið í áttina frá henni. Þess vegna hefur geislinn sömu stefnu eftir að hann hefur farið gegnum glerið. Það eina sem hefur gerst er að hann hefur *bliðrast* svolítið.



Ljós, sem gengur inn í gler, brotnar í átt að lóðlínunni. Ljós á leið út úr glerstrendingnum brotnar í áttina frá lóðlínunni.



Ljósgeislarnir ganga fyrst beint inn í glerstrendinginn án þess að brotna. Þegar ljósgeislarnir ættu síðan að ferðast út úr strendingnum er innfallshornið  $42^\circ$ . Þetta veldur því að þá verður alspeglun. Að lokinni annarri alspeglun yfirgefa geislarnir strendinginn.

### Alspeglun í gleri

Alspeglun getur líka orðið þegar ljós fer úr gleri í loft. Það gerist þegar innfallshornið er orðið stærra en  $42^\circ$ .

Við getum látið ljósgeisla snúa til baka í sömu átt og þeir komu úr með því að láta þá fara gegnum þríhyrndan *glerstrending*. Grunnflötur strendingins verður þá að vera rétthyrndur þríhyrningur. Við sjáum líka að geislarnir skipta um stöðu þegar þeir koma út úr strendingnum. Geislinn, sem var efstur, er nú orðinn neðstur, og öfugt. Með svona strendingi getum við snúið mynd, sem er á hvolfi, við þannig að hún verði rétt. Alspeglandi glerstrendingar eru þess vegna í venjulegum sjónaukum til þess að við sjáum myndina rétta.

### Ljósleiðaratækni

Við notfærum okkur þann eiginleika að ljós getur alspeglast í svokallaðri ljósleiðaratækni. *Ljósleiðari* er grannur glerþráður sem er notaður til þess að flytja ljósmerki. Ljósgeislarnir alspeglast stöðugt á innra borðinu í þráðunum og halda því stöðugt áfram. Ljósið kastast fram og til baka inni í þráðunum allt þar til það kemur út um hinn endann.



Í ljósleiðara berst ljósið áfram með alspeglun.

## Ljósleiðarakaplar

Áður en ljósleiðaratæknin kom fram voru flest símtöl, símbréf (föx) og rafræn bréf send með hjálp rafrænna merkja gegnum koparþræði. Nú getum við sent öll þessi gögn sem ljósmerki eftir *ljósleiðaraköplum* og sá sendingarmáti er mun fljótlegri en hinn.

Á öðrum enda ljósleiðara (ljósþráðar) er sendir sem breytir öllum rafrænu merkjunum í ljósmerki. Á hinum enda ljósleiðarans er móttakari sem breytir ljósmerkjunum aftur í rafræn merki.

Ljósleiðarar hafa marga kosti umfram koparþræðina. Einn þeirra er sá að ljósleiðari getur flutt miklu meiri upplýsingar á hverri sekúndu en koparþráður getur flutt. Við þurfum því miklu færri kapla. Auk þess er léttara að leggja ljósleiðarakaplana, upplýsingarnar berast lengra án mögnunar, útilokað er að hlusta á þær og kaplarnir endast betur en ef þeir væru úr kopar. Segja má að við leggjum *rafrænar braðbrautir* með ljósleiðurum.



Nú hefur gagnaflutningur flust að miklu leyti frá gömlu koparþráðunum og yfir í ljósleiðara. Ljósleiðararnir eru rafrænar gagnahraðbrautir.

## Háhraðainternet

Þróunin er ör í ljósleiðaratækninni og nú er *hábraðanettenging* á mörgum heimilum gegnum ljósleiðara, og þessi tækni hefur jafnvel náð til sumarbústaða. Margar fjölskyldur eru hætta að nota venjulega síma sem eru tengdir koparþráðum. Þess í stað nota þær eingöngu farsíma eða síma sem eru bara nettengdir.

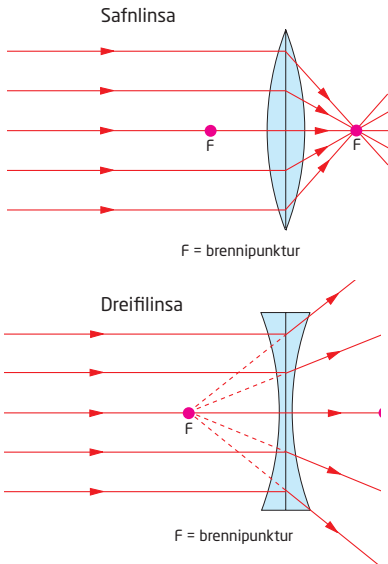
Æ fleiri heimili geta nú notfært sér nýja þjónustu gegnum Internetið. Auk hraðari Internettengingar getum við nýtt okkur þjónustu á borð við þá að ákveða hvenær við horfum á hina ýmsu sjónvarpsþætti, við getum leigt hugbúnað eða kvikmyndir, hringt með myndsíma eða jafnvel sent eigið sjónvarpsefni.

## Magaspeglun

Á sjúkrahúsum eru ljósleiðarar til margs konar nota, til dæmis til *magaspeglunar*. Ef lækna þurfa að skoða maga sjúklings nota þeir svokallaðan *magaspegil* eða magasjá. Að lokinni staðdeygingu er slanga, sem í eru ljósleiðarar, þrædd gegnum munn og kok og niður í maga. Hluti ljósleiðaranna lýsa upp magann en aðrir virka sem kvikmyndatökuvél. Læknirinn sér svo á sjónvarpsskjá hvernig maginn lítur út að innan.

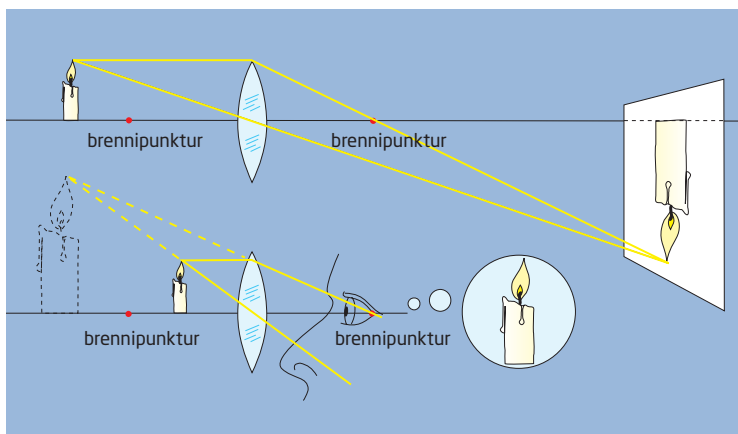


Magaspeglun undirbúin.



Safnlinsa þjappar saman ljósgeislum sem falla á hana, en dreifilinsa dreifir ljósgeislunum. Ljósíð brotnar tvisvar sinnum þegar það fer gegnum linsuna. Til einföldunar er sýnt aðeins eitt brot á þessum myndum.

Safnlinsa getur stækkað myndir á tvo mismunandi vegu. Annað hvort með því að kalla myndina fram á spjaldi eða með því að við horfum gegnum linsuna.



## Safnlinsur og dreifilinsur

*Linsur* finnum við meðal annars í gleraugum, myndavélum, sjónaukum og smásjám. Linsa er úr gleri eða plasti og er ýmist *safnlinsa* eða *dreifilinsa*. Safnlinsa er þykkust í miðjunni en dreifilinsa er þynnst í miðjunni.

Hver linsa hefur tvo *brennipunkta*, einn fyrir framan linsuna og annan fyrir aftan. Fjarlægðin frá miðju linsunnar að brennipunktinum nefnist *brennivídd*.

Safnlinsa þjappar saman ljósgeislum, hún færir þá hvern nær öðrum. Samsíða geislar, sem fara gegnum safnlinsu, brotna og skera hver annan í brennipunktinum. Safnlinsur eru einnig nefndar *jákvæðar linsur* og ef til dæmis talan 12 er greytt í kantinn á linsu er hún safnlinsa með brennivíddinni 12 cm.

Dreifilinsur eru einnig nefndar *neikvæðar linsur*. Samsíða ljósgeislar, sem fara gegnum dreifilinsu, brotna og fjarlægjast síðan hver annan. Linsa, sem er merkt með tölunni 10 er dreifilinsa með brennivíddinni 10 cm.

## Myndir með safnlinsum

Við stillum ljósi upp fyrir framan safnlinsu. Fyrir aftan linsuna setjum við spjald. Ef við höldum spjaldinu í tiltekinni fjarlægð frá linsunni getum við fengið mynd af ljósinu á spjaldið. Myndin er hins vegar á hvolfti. Mynd, sem við köllum fram á þennan hátt á spjaldi, nefnist *raunmynd*. Myndin er misstór eftir fjarlægðinni frá linsunni að ljósinu. Því nær ljósinu sem linsan er þeim mun stærri verður myndin.

Ef safnlinsan er færð svo nálægt ljósinu að það er komið inn fyrir brennipunktinn kemur engin mynd fram á spjaldinu. Hins vegar sjáum við mynd af ljósinu ef við horfum gegnum linsuna. Við sjáum þá mynd sem er stærri en fyrirmyndin og hún snýr rétt. Mynd af þessu tagi, sem við getum ekki kallað fram á spjaldi, kallast *sýndarmynd*. Linsan virkar hér sem *stækkunargler*.

## Myndir með dreifilinsum

Við skulum endurtaka tilraunina en nú með dreifilinsu. Niðurstaðan verður allt önnur. Nú getum við ekki fangað neina raunmynd á spjaldið. Dreifilinsa getur nefnilega aldrei kallað fram raunmynd, aðeins sýndarmynd. Sýndarmyndina sjáum við með því að horfa á ljósið gegnum linsuna. Sýndarmyndin er minni en fyrirmyndin og hún snýr rétt.

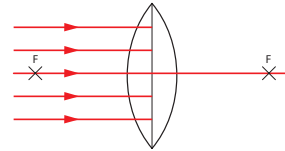
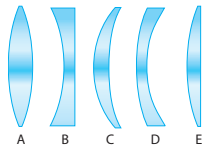
Þekkingin á því hvernig linsur kalla fram myndir varð til þess að menn gátu smíðað sjónauka og smásjár.

## SIÁLFSPRÓF ÚR 4.2

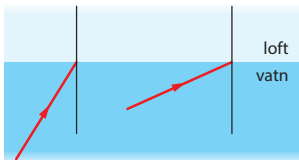
### ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

• ljósbrot • ljósleiðari (ljósþráður) • safnlinsa • dreifilinsa • raunmynd • sýndarmynd

- Hver er hraði ljóss í lofti?
- Teiknaðu skýringarmynd sem sýnir hvað gerist þegar ljósgeisli fer úr lofti og niður í vatn.
- Hvers vegna breytir ljósgeisli stefnu sinni þegar hann fer til dæmis úr lofti og yfir í gler?
- Hvernig virka ljósleiðarar?
- a) Hvers konar linsa er þetta?  
b) Hversu löng er brennivíddin?  
c) Teiknaðu myndina upp og sýndu hvernig geislarnir halda áfram ferð sinni



- Hverjar af linsunum hér fyrir ofan eru safnlinsur?
- Nefndu annað heiti á
  - safnlinsu
  - dreifilinsu
- Hvers konar linsa er notuð sem stækkunargler?
- Myndin sýnir hvernig nokkrir ljósgeislar ganga upp gegnum vatn og falla á neðanvert vatnsborðið. Teiknaðu myndina upp og sýndu hvernig geislarnir halda áfram ferð sinni.
- Samsíða geislar falla á dreifilinsu sem hefur brennivíddina 3 cm. Sýndu hvernig geislarnir halda ferð sinni áfram.
- Pú kallar fram mynd af ljósi með linsu. Pú sérð mynd á spjaldi.
  - Er myndin rétt eða á hvolfi?
  - Hvernig breytist myndin ef þú færir linsuna nær ljósinu?
- Útskýrðu muninn á raunmynd og sýndarmynd.
- Ef þú horfir á fisk sem er niðri í vatni virðist fiskurinn vera nær yfirborði vatnsins en hann er í raun og veru. Reyndu að útskýra þetta með því að teikna skýringarmynd.
- Teiknaðu þá mynd sem kemur fram í safnlinsu þegar hluturinn er
  - utan við brennipunkt linsunnar
  - innan við brennipunkt linsunnar
 Teiknaðu hlutinn sem ör.



A

B



Smásjá Antons van Leeuwenhoeks frá 17. öld.

## 4.3

## Sjóntæki

Hollendingurinn *Anton van Leeuwenhoek* seldi efni í klæðnað á 17. öldinni. Hann vildi vera viss um að hann væri ekki plataður og smíðaði þess vegna *smásjá* til þess að skera úr um það hvort tiltekið efni væri nógu gott. Premur öldum síðar horfðu vísindamenn á fyrstu stafrænu smásjármyndina. Stafrænar kvikmyndir hafa nú nánast algerlega komið í stað hefðbundinna kvikmynda sem byggðust á mörgum ljósmyndum teknum með litlu millibili. Skyndilega mátti tengja saman tvær tækninýjungar, sem urðu til með 300 ára millibili, og þetta gerbreytti aðferðum manna við að taka ljósmyndir og kvikmyndir.

### Stækkunargler

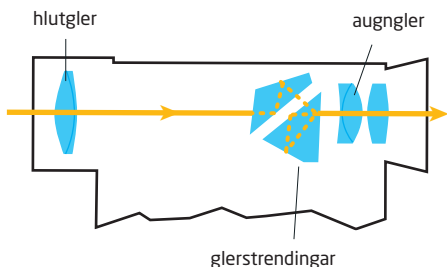
*Stækkunarglerið* er einfaldasta sjóntækið. Það er einfaldlega safnlinsa með stuttri brennivídd. Því styttri sem brennivíddin er þeim mun meiri verður stækkunin.

### Sjónaukar

*Sjónauka* notum við til þess að sjá betur fjarlægga hluti. Einfaldasta gerð sjónauka er svokallaður linsustjörnusjónauki. Hann er gerður úr tveimur safnlinsum, sem kallast *augngler* og *hlutgler*. Hlutglerið býr til mynd af fyrirmyndinni inni í sjónaukanum. Við horfum svo í gegnum augnglerið og sjáum þá myndina.

Við getum líka orðað það þannig að augnglerið stækki þá mynd sem hlutglerið skapar. Hlutglerið er linsa með langri brennivídd, en augnglerið er linsa með stuttri brennivídd. Stjörnusjónaukar skila myndinni á hvolfi en það gerir ekkert til þegar menn eru að skoða tunglið og reikistjörnurnar.

Þeir sjónaukar, sem við notum venjulega, eru með tveimur *alspeglandi glerstrendingum* hvorum megin sem ljósið fer gegnum áður en það kemur að augnglerinu. Hlutverk glerstrendinganna er að skila myndinni réttí í augu okkar.



## Smásjá

Við notum *smásjá* þegar við viljum fá stækkaða mynd af mjög smáum hlutum. Smásjá hefur líka tvær safnlinsur, eina hlutlinsu og aðra augnlinsu, rétt eins og sjónaukar. Hér kallar hlutlinsan fram mynd af fyrirmyndinni sem við viljum skoða nánar, til dæmis af mýflugu. Augnlinsan stækkar síðan þá mynd sem hlutlinsan býr til.

## Myndavél

Til að fá mynd á spjald þurfum við ekki annað en kassa með svolitlu opi á. Ef við látum endurkastaða geisla frá flösku falla í áttina að opinu fámum við mynd á hvolfi af flöskunni innan á aftari hlið kassans. Einföld *myndavél* af þessu tagi kallast *myrkurbús*, eða camera obscura á latínu. Latneska hugtakið merkir einfaldlega dimmt herbergi.

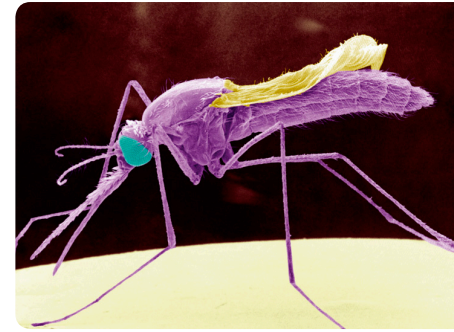
Nýjustu myndavélar eru framleiddar í margvíslegum útfærslum og gerðum. Allar gerðirnar eiga það sameiginlegt að í þeim eru fjórir mikilvægir hlutar: *linsa*, *lokari*, *ljósop* og *myndflaga*. Í eldri gerðum myndavéla voru notaðar ljósmyndaflímur en stafræna myndflagan gerði þær úreltar.

Einfaldasta gerðin af hlutlinsu er ein safnlinsa. Hlutverk linsunnar er að búa til mynd af þeirri fyrirmynd sem ætlunin er að taka mynd af.

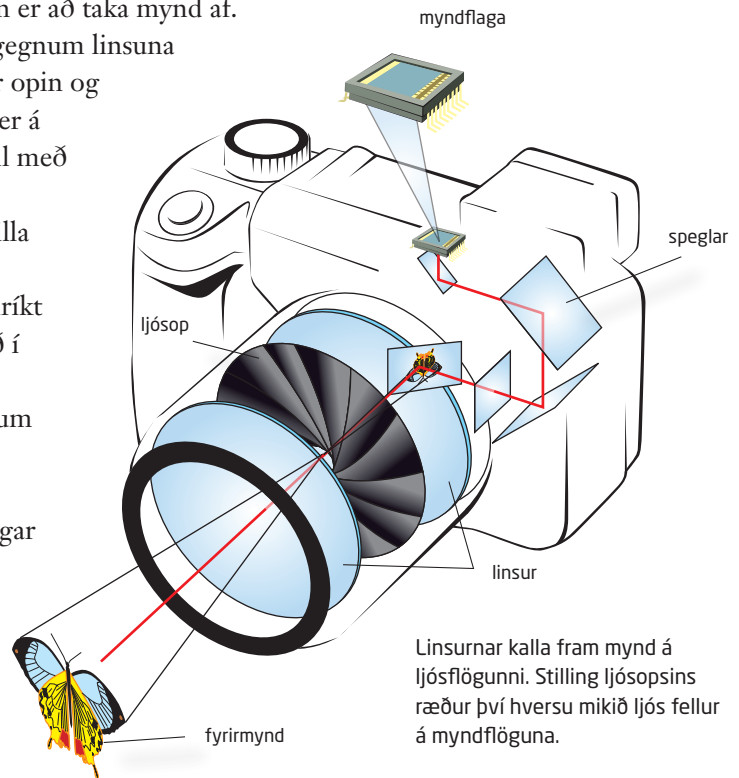
Hlutverk lokarans er að opna ljósinu leið í gegnum linsuna og loka henni aftur. Sá tími, sem myndavélin er opin og hleypir ljósi inn, kallast lýsingartími. Þegar ýtt er á lokarann opnast myndavélin og mynd verður til með hjálp linsunnar. Myndflagan skráir myndina.

Á flóknari gerðum myndavéla er hægt að stilla ljósop myndavélarinnar þannig að það hleypir mismiklu ljósi gegnum linsuna. Þegar úti er sólríkt og bjart notum við lítið ljósop, en stækkum það í drungalegu og skýjuðu veðri.

Í flestum myndavélum og farsímamyndavélum er stilling lýsingartímans, ljósops og fjarlægðar sjálfvirk. Á þessum myndavélum er líka oftast innbyggt *fláss* (leifturljós) sem kemur sér vel þegar birtuskilyrði eru léleg.



Með smásjá fáum við stækkaða mynd af litlum hlutum og því notum við hana meðal annars til að rannsaka smávaxin skordýr og aðrar smáar lífverur.



Linsurnar kalla fram mynd á ljósflöggunni. Stilling ljósopsins ræður því hversu mikið ljós fellur á myndflöguna.

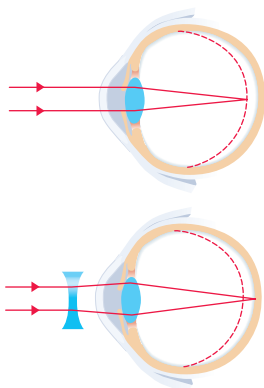


## Augun minna á myndavél

Með réttu má líkja augunum við myndavél. *Augnlokið* er lokari augans og *sjáaldrið* samsvarar ljósopi myndavélarinnar. Þegar birtan er mikil er sjáaldrið lítið og í litlu ljósi er sjáaldrið stórt. Þegar ljósið hefur farið gegnum sjáaldrið fellur það á augasteininn, hlutlinsu augans. Hlutverk *augasteinsins* er að brjóta ljósgeislana þannig að þeir breyti stefnu sinni og falli í brennipunkti á sjónunni og kalli þar fram mynd.

*Sjóna* augans svarar til myndflögunnar í myndavélinni. Í eðlilegu auga brotna ljósgeislarnir þannig að myndin af fyrirmyndinni fellur á sjónuna. Þá sjáum við greinilega mynd af fyrirmyndinni. En rétt eins og í myndavélinni er myndin á hvolfi. Við sjáum hins vegar myndina rétta vegna þess að heilinn snýr henni við fyrir okkur.

Nærsýni



Hjá nærsýnum manni hafnar myndin svolítið framan við sjónuna. Með dreifilinsu dreifast ljósgeislarnir þannig að myndin fellur á sjónuna.

## Nærsýni hjá þeim ungu

Margt fólk hefur einhvers konar *sjóngalla*. Þá þarf að koma auganu til hjálpar svo að sjónin verði betri. Þetta á bæði við um ungt fólk og gamalt. Hjá unga fólkinu er *nærsýni* algeng. Þeir sem eru nærsýnir sjá vel nálæga hluti en illa þá sem eru langt í burtu. Hjá nærsýnum er *augnknötturinn* (augað í heild) of langur og ljósið kemur saman í punkti sem er framan við sjónuna. Þennan galla má laga með gleraugum sem eru með dreifiglerjum (dreifilinsum). Þau dreifa ljósgeislunum áður en þeir ná til augans. Það verður til þess að myndin fellur á sjónuna.

Sumir vísindamenn telja að nærsýni sé meðfæddur galli. Aðrir telja að fólk verði nærsýnt ef það les mikið eða situr langtíðum saman við sjónvarp og tölvu. Það gæti að minnsta kosti skýrt það af hverju nærsýni verður æ algengari.

Æ fleira ungt fólk verður nærsýnt, það sér með öðrum orðum vel nálæga hluti en illa fjarlæga hluti. Er hugsanlegt að þetta stafi af því að það situr sífellt meira við tölvu?



## ITAREFNI

### HVAÐ ER DÍOPTRÍA?

Við getum tilgreint styrk linsu með því að miða við brennivídd hennar. Ef á linsu stendur til dæmis  $-10$  merkir það að þetta er dreifilinsa (dreifigler í gleraugum) með brennivíddinni  $10$  cm.

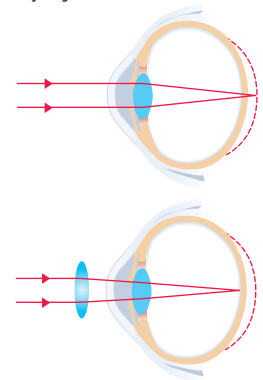
Augnlæknar tilgreina styrkinn hins vegar í einingum sem nefnast *díoptríur*. Ef  $d$  er díoptríutalan og  $f$  er brennivídd linsunnar í sentimetrum er  $d = 100/f$ . Dreifigler með brennivíddinni  $10$  cm hefur því díoptríutöluna  $-100/10 = -10$ .



### Fjarsýni hjá þeim eldri

*Fjarsýni* er algengur sjóngalli hjá þeim sem eru farnir að eldast. Þeir sem eru fjarsýnir sjá vel hluti sem eru langt í burtu en sjá nálæga hluti illa. Hjá fjarsýnum er augnknötturinn of stuttur og ljósið kemur saman í punkti sem er fyrir aftan sjónuna. Gleraugu með safnglerjum brjóta geislana svolítið áður en þeir ná til augans. Það veldur því að myndin fellur þá skörp á sjónuna.

Fjarsýni



Hjá fjarsýnum manni hafnar myndin svolítið aftan við sjónuna. Með safnlinsu safnast ljósgeislarnir saman þannig að myndin fellur skörp á sjónuna.

### Ellifjarsýni verður algengt eftir fertugt

Átt þú foreldra sem verða að halda blaðinu langt frá sér til þess að geta lesið? Það er nefnilega mjög algengt að þeir sem hafa náð fertugsaldri eigi orðið erfitt með að lesa textann í dagblaðinu. Þetta stafar af því að augun stíðna með aldrinum. Hæfileiki augans til þess að breyta þykkt augasteinsins minnkar. Einfaldast er að leysa vandann með því að nota *lesglæraugu*. Í lesglæraugum eru safngler sem brjóta ljósgeislana þannig að myndin fellur á sjónuna.



Fjarsýnn maður á erfitt með að lesa texta í dagblaði.



Augnlæknirinn leiðréttir sjóngalla sjúklingsins með leysiaðgerð.

### Snertilinsur og leysiaðgerðir

*Gleraugu* voru fyrsta hjálpartækið sem menn notuðu til að lagfæra sjóngalla. Nú nota margir *snertilinsur* í stað gleraugna. Í daglegu tali nefnast þær einfaldlega linsur. Munurinn á gleraugum og linsum er sá að linsurnar eru settar beint á augað í stað þess að vera svolítið framan við augun. Nú geta menn líka breytt augnlit sínum með því að nota litaðar snertilinsur.

*Leysiaðgerð* er nýleg aðferð til þess að lagfæra suma sjóngalla. Nærsýni er til dæmis lagfærð með því að augnlæknirinn sker flipa í ysta lag glærunnar með „leysihnífi“. Augnlæknirinn veltir síðan flípanum við og slípar burtu þunnt lag af neðra borði glærunnar. Að því búnu er flippinn lagður á sinn stað aftur. Aðgerðin er gerð við staðdeygingu og strax daginn eftir er sjónin yfirleitt orðin eðlileg.

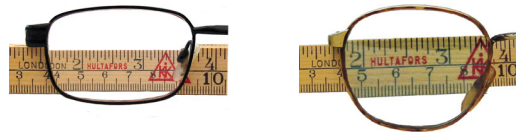
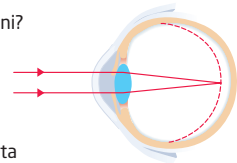
## SIJALFSPRÓF ÚR 4.3

### ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

• stækkunargler • hlutlinsa • augnlinsa • lokari • ljósop • nærsýni • fjarsýni

- Hvaða hluti í auga svarar til þessara hluta í myndavél:
  - Ljósop
  - lokari
  - myndflaga
- Hvers konar gler á að vera í gleraugum fyrir fjarsýnan mann?
- Hver er helsti munurinn á myndinni sem við sjáum í stjörnusjónauka og þeirri sem við sjáum í venjulegum sjónauka?
- Þú ætlar að taka mynd með myndavél.
  - Hvers konar linsa er á myndavélinni?
  - Er myndin stækkuð eða minnkuð?
  - Snýr myndin rétt eða er hún á hvolffi?
- Myndavél er stillt á lýsingartímann 0,01 s. Hvað merkir það?

- Hvaða sjóngalli er sýndur á myndinni?
  - Hvernig má lagfæra þennan galla?
- Útskýrðu hlutverk hlutlinsunnar og augnlinsunnar í venjulegum sjónauka.
- Hvaða sjóngalla hafa þau augu sem nota þessi gleraugu?



- Hver er díoptríutalan hjá safnlinsu með brennivíddinni 20 cm?

4.4

# Ljós og litir

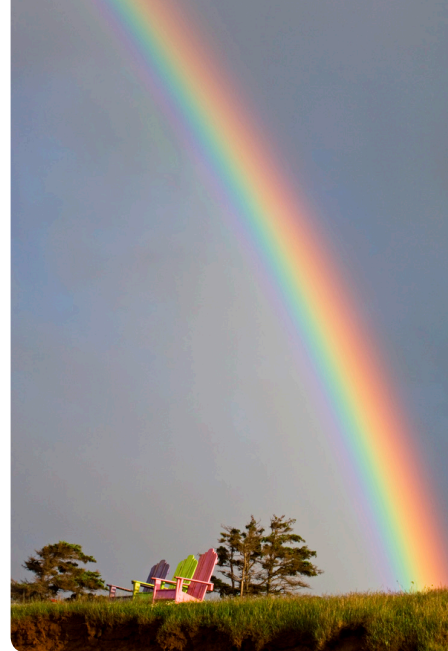
Þegar saman fara sólskin og rigning sjáum við oft regnboga. Við sjáum hann hins vegar ekki nema við snúum baki í sólina. Þú sérð regnboga þegar ljósgeislar sólar falla á vatnsdropa í loftinu og síðan á þig. En hvers vegna myndast regnbogi? Til að útskýra það þurfum við fyrst að þekkja eðli ljóssins.

## Hvað er ljós?

Ljósið er merkilegt fyrirbæri og til eru mismunandi skýringar á því hvað það er í raun og veru. Fram til þessa hafa menn lýst ljósi sem straumi agna, geisla, sem ljósgjafi sendir frá sér. Þessar agnir nefnast *ljóseindir* (fótónur). En við getum líka lýst ljósi sem bylgjuhreyfingu.

Þegar við erum að veiða og köstum út færi myndast hringir á vatninu. Ef við horfum nánar á hringina sjáum við *bylgju* (öldu). Hver bylgja hefur *bylgjudal* og *bylgjutopp* sem breiðist út til allra átta. Bylgjuhreyfing af þessari gerð kallast þverbylgja því bylgjurnar sveiflast þvert á útbreiðslustefnunna. Fjarlægðin milli tveggja bylgjudala, eða tveggja bylgjutoppa, kallast *bylgjulengd*.

Við getum líka lýst ljósi sem þverbylgju, rétt eins og bylgju á vatni. Bylgjulengd ljóss er hins vegar miklu styttri en hjá bylgjunum á vatninu. Það ljós, sem augu okkar greina, hefur bylgjulengdirnar frá 0,00039 til 0,00077 mm. Við tilgreinum þessar bylgjulengdir þó oftast þannig að þær séu 390–770 nm (nanómetrar).



Ef sólin skín í regni getur ljósið klofnað upp í mismunandi liti og myndað regnboga.



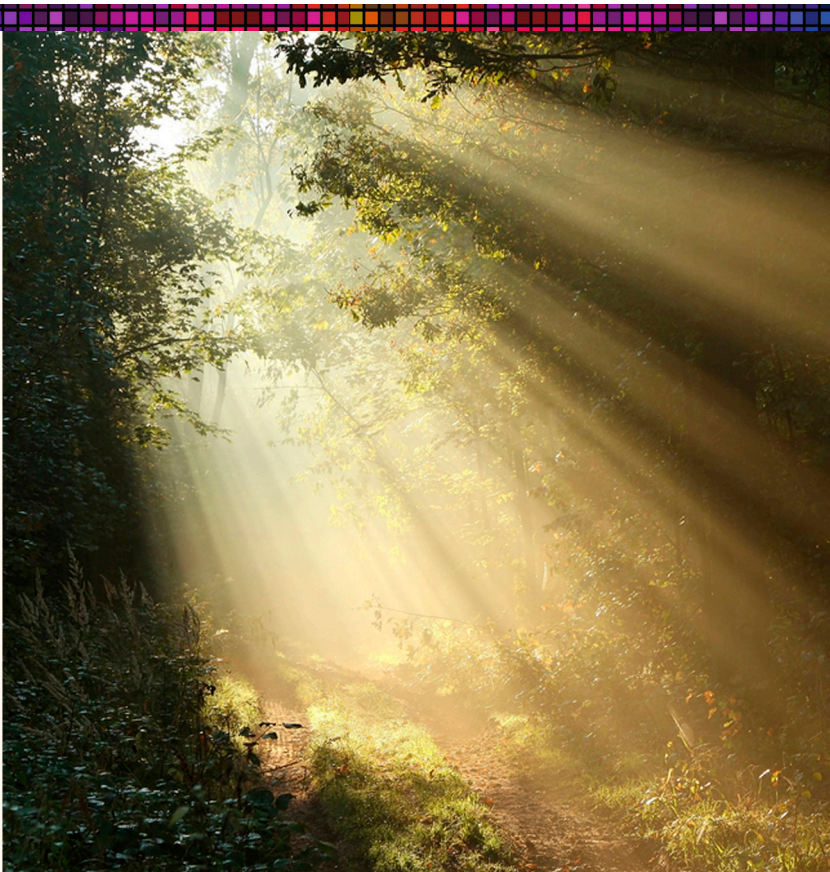
Bylgjur á vatni og ljósbylgjur breiðast út á svipaðan hátt. Ljós er þverbylgjur sem hafa bæði bylgjutoppa og bylgjudali. Fjarlægðin milli tveggja bylgjutoppa eða tveggja bylgjudala nefnist bylgjulengd.

## TAREFNI

## BÆÐI AGNIR OG BYLGJUR

Suma eiginleika ljóss getum við bara skýrt ef því er lýst sem geisla agna, straumi ljóseinda með öðrum orðum. Til að skýra aðra eiginleika ljóss verðum við að tala um ljós sem bylgjuhreyfingu. Við getum gert tilraunir sem sanna að ljós hefur eiginleika bæði agna og bylgna en við getum hvorki séð agnirnar né sjálfar bylgjurnar.

Í upphafi 20. aldar voru báðar kenningarnar sameinaðar í eina. Þá varð skammtaeðlisfræðin til en með henni mátti sameina báðar kenningarnar án þess að þær væru í mótsögn hvor við aðra.



## Litróf

Ef við látum hvítt ljós, til dæmis sólarljós, falla á þríhyrndan glerstrending (prisma) gerist dálítið merkilegt. Ljósið klofnar upp í sjö mismunandi liti (oft er þó talað um sex liti) og við fáum svokallað *litróf*. Litirnir eru alltaf eins og eru ávallt í sömu röð: rautt, appelsínugult, gult, grænt, blátt, dimmblátt og fjólublátt.

Skýringin á þessu er sú að hvítt ljós er samsett úr mismunandi litum og að litirnir brotna mismikið þegar þeir fara gegnum strendinginn. Rautt ljós hefur lengstu bylgjulengdina og brotnar minnst. Fjólublátt ljós hefur stystu bylgjulengdina og brotnar mest.

## Regnboginn er litróf

Þegar saman fara sólskin og rigning sjáum við oft *regnboga*. Við sjáum hann hins vegar ekki nema við snúum baki í sólina. Þú sérð regnboga þegar ljósgeislar sólar falla á *vatnsdropa* í loftinu og síðan á þig.

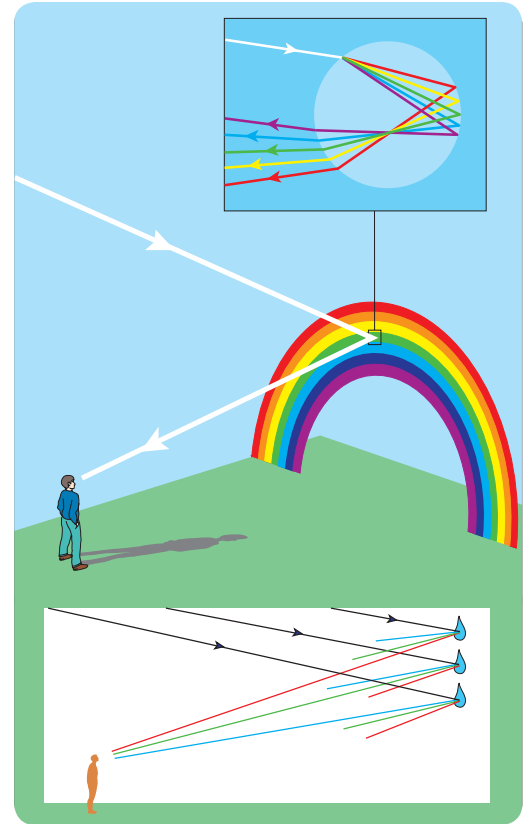
Vatnsdroparnir virka nákvæmlega eins og glerstrendingar. Droparnir brjóta ljósgeisla sólar og endurkasta þeim. Bylgjulengdirnar í hvítu sólarljósinu brotna mismikið og við sjáum regnboga. Boginn á regnboganum ræðst þó alls ekki af því að jörðin er kúla. Þú sérð til dæmis ekki rauða litinn í regnboganum nema hornið milli sólarinnar, vatnsdropans og þín sé  $42^\circ$ . Allir sólargeislar, sem mynda þetta horn í afstöðunni til þín, eru komnir frá vatnsdropum sem eru allir á þessum hring. Hið sama á við um hina litina. Þetta veldur því að regnboginn verður boginn. Vegna þess að ljósið kemur út undir nákvæmu horni sjá engir tveir menn nákvæmlega sama regnbogann þótt þeir standi hlið við hlið.

Stundum sjáum við tvo regnboga samtímis. Annar þeirra er sterkur og skýr og utan við hann er annar veikari. Hver er skýringin á þessu? Ástæðan er sú að tiltekinn hluti ljóssins fer lengri leið inni í regndropunum, áður en geislarnir hverfa aftur út gegnum yfirborð dropanna og ná þannig smám saman til augna okkar. Afleiðingin verður sú að ljósið endurkastast frá dropunum undir öðru horni og sá sem horfir (athugandinn) sér annan regnboga.

## Hvernig sjáum við mismunandi liti?

Þegar sólarljós fellur til dæmis á rauðmálaðan flöt endurkastast bara rauða ljósið. Þess vegna er málningin rauð á litinn. Málningin drekkur í sig alla aðra liti. Á sama hátt drekkur grænt laufblað í sig alla liti nema græna litinn. Græni liturinn endurkastast af laufblaðinu og nær til augna okkar.

Ástæða þess að blaðsíðurnar í þessari bók eru hvítar er sú að þær endurkasta öllum *litum*. Textann á síðunum sjáum við vegna þess að umhverfi bókstafanna er hvítt. Prentsvertan í bókstöfunum drekkur nefnilega í sig alla liti sem falla á þá. Við sjáum því bókstafina eiginlega alls ekki.



Vatnsdropi verkar eins og strendingur (prisma). Mismunandi bylgjulengdir sólarljóssins brotna þess vegna mismikið. Litaröðin í regnboganum verður til í vatnsdropum í mismunandi hæð.



Rauða málningin á húsveggnum endurkastar eingöngu rauðu ljósi. Þess vegna er málningin rauð.

## Í BRENNIDEPLI

### Markmið um stafræn fjarskipti á Íslandi

Árið 2005 voru samþykkt lög frá Alþingi um stofnun fjarskiptasjóðs. Hlutverk hans var að fjármagna verkefni sem miða að uppbyggingu stofnkerfa í fjarskiptum, að stuðla að öryggi og samkeppnisfærni þjóðfélagsins á sviði fjarskipta. Í fjarskiptaáætlun fyrir árin 2011-2022 voru sett fram markmið um aðgengileg og greið fjarskipti:

- Uppbygging og endurnýjun ljósleiðarastofnnetsins innanlands taki mið af markmiðum stjórnvalda og þörfum notenda fyrir gagnaflutninga á hverjum tíma.
- Ljósleiðarahringtenging nái að lágmarki til landsvæða/byggðakjarna með yfir 5000/ 1000 íbúa.
- Byggðakjarnar með yfir 50 íbúa séu tengdir með ljósleiðara.
- Þjóðfélagslega mikilvægir fjarskiptastaðir verði skilgreindir og tengdir raforku- og ljósleiðarastofnneti.
- 90% lögheimila og vinnustaða eigi kost á 30 Mb/s árið 2014, 100% árið 2022.
- 70% lögheimila og vinnustaða eigi kost á 100 Mb/s árið 2014, 99% árið 2022.
- 98% lögheimila og vinnustaða eigi kost á háhraðafarneti árið 2014, 99,9% árið 2022.
- 80% af landi og hafsvæði kringum landið eigi kost á háhraðafarneti árið 2018.

Heimild: <http://www.althingi.is/altext/141/s/0593.html>

- Hvaða þýðingu heldur þú að það hafi að þessum markmiðum verði náð?
- Hvers vegna heldur þú að þessi markmið hafi verið sett?
- Hvaða áhrif getur það haft að háhraðanettenging er enn ekki í boði á öllum stöðum á landinu?



### Hvenær hættir gamli heimasíminn að virka?

Landssími Íslands var stofnaður árið 1906 og var þá í eigu ríkisins. Símalínur úr kopar voru lagðar um landið og gegndu lykilhlutverki í fjarskiptum innanlands um áratugi. Árið 1935 sameinaðist Landssíminn þeirri stofnun sem annaðist pósthjónustu og þá varð Póstur og sími til. Landssími Íslands hf. varð til árið 1998 og hann var svo seldur einkaaðilum árið 2005 og fastlínunetið er nú rekið á vegum Mílu ehf. Árið 2000 voru 160 000 fastlínutengingar á Íslandi en um mitt árið 2013 hafði þeim fækkað niður í 129 000. Nú eru æ fleiri heimili með síma sem er tengdur ljósleiðara eða breiðbandi eða eru eingöngu með farsíma. Þróunin hefur orðið til þess að æ erfiðara verður að fá varahluti fyrir gamla netið. Hætt er við að þessi þróun leiði til þess að þetta kerfi verði lagt af í sumum landshlutum.

Þessi færsla frá fastlínukerfinu og yfir í farsímakerfi hefur skapað ný vandamál sem tengjast ýmiss konar sérþjónustu. Þjófavarnarkerfi og öryggiskerfi fyrir eldri borgara virka í sumum tilvikum illa í þráðlausu kerfi og það skapar óöryggi.

- Er heimili þitt enn tengt fastlínukerfinu?
- Er það gott eða slæmt að fastlínukerfið verði lagt af?
- Hver ætti að bera ábyrgðina á því að þjófavarnarkerfi og öryggiskerfi virki rétt og örugglega?
- Hver ætti að bera ábyrgðina á því að það sé alltaf hægt að hringja í 112 frá heimili þínu?

# LJÓSLIÐARAR FYRIR ALLA?



## Internetið - mikilvægur þáttur í lýðræði

Það að geta leitað upplýsinga á netinu, fundið þær og lesið er mikilvægur þáttur í lífi hvers þjóðfélagsþegns. Við getum fundið margvíslegar upplýsingar um ýmsa stjórnmálaflokka á netinu. Með hjálp Internetsins er það miklu einfaldara og auðveldara að taka þátt í pólitískri umræðu og koma að töku ákvarðana sem leiða til setningar nýrra laga. Sveitarfélög, Alþingi og ýmsar stofnanir og samtök hafa komið sér upp góðum heimasíðum þar sem almenningur getur kynnt sér starf þessara aðila og haft áhrif á stjórnmalastarfið. Flestar stofnanir birta auk þess allar upplýsingar um sig og öll eyðublöð á Internetinu svo að hver sem er getur nálgast þær ef hann er net- og tölvutengdur.

- Hvernig heldur þú að stofnanir og yfirvöld muni nýta Internetið í framtíðinni?
- Settu fram nokkrar hugmyndir um það hvernig nota má Internetið til þess að auka lýðræðið á Íslandi.

## Internetið í framtíðinni

Nú eru upplýsingar sendar um Internetið bæði eftir koparþráðum og ljóslíðurum, og einnig með þráðlausri tækni. Þegar koparþráðakerfið verður lagt af verða öll samskipti annaðhvort með ljóslíðaraköplum eða með þráðlausri tækni. Æ fleiri tæki eru nú tengd Internetinu. Nú eru til dæmis fánlegir nettengdir kæliskápar sem láta vita af því ef einhverjar vörur í skápnum eru á þrotum og að kaupa þurfi inn. Í framtíðinni munum við sjá fleiri dæmi af þessu tagi og ný notkunarsvið sem okkur hefði ekki einu sinni dreymt um.

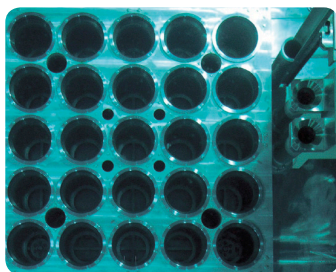
- Hvers vegna sleppum við ekki ljóslíðarastiginu og stökkvum strax yfir á þráðlaus samskipti?
- Hvaða hlutir verða nettengdir í framtíðinni? Hvaða áhrif mun það hafa á líf okkar?
- Finnst þér þetta vera spennandi eða kvíðvænlegt?





### Gammageislun

Bylgjulengd gammageislunar er stutt og geislunin er orkurík. Gammageislun myndast meðal annars þegar geislavirk efni sundrast. Geislunin fer gegnum flest efni og er hættuleg fólki.

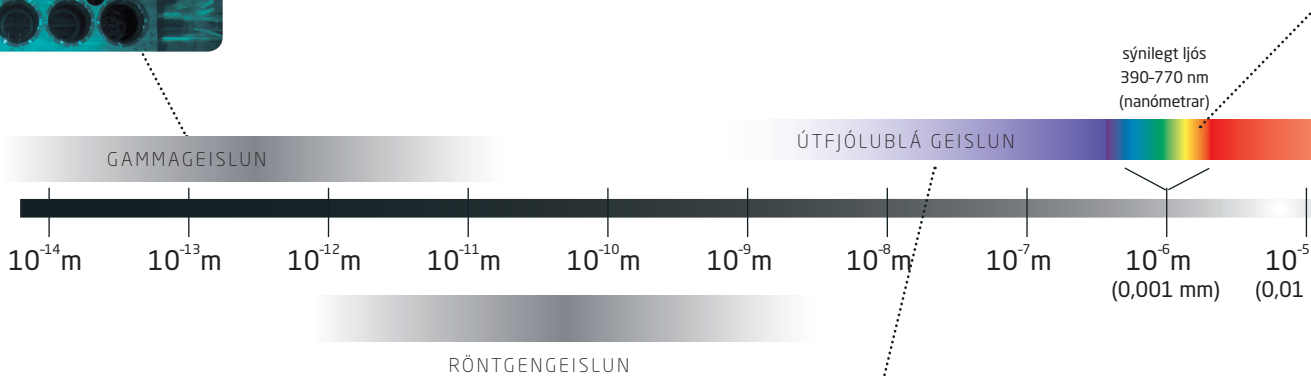


### Rófið - annað og meira en litir

Fyrir 200 árum uppgötvaði stjörnufræðingurinn *William Herschel* að sólin sendir ekki aðeins frá sér *sýnilegt ljós*. Til viðbótar geislar hún út *ósýnilegu ljósi* sem við sjáum ekki. Þetta ljós var heitara en sýnilega ljósið og þess vegna töluðu menn um varmageislun. Nú nefnum við þetta *innrauða geislun*.

Á nánast sama tíma uppgötvaðist önnur gerð ósýnilegs ljóss frá sólinni. Þetta ljós var við hliðina á fjólubláa ljósinu og þess vegna fékk það heitið *útfjólublá geislun* (einnig nefnd útblámageislun).

Um miðja 19. öldina áttuðu eðlisfræðingar sig á því að bylgjulengdin er það eina sem skilur venjulegt ljós frá ósýnilegri varmageislun og útfjólublárrí geislun. Seint á 19. öld uppgötvuðu vísindamenn geislun sem var bæði af styttri og lengri bylgjulengd en innrauð geislun og útfjólublá geislun. Öll þessi mismunandi geislun nefnist einu nafni *rafsegulgeislun*.



### Röntgengeislun

Röntgengeislun er ekki jafnorkurík og gammageislun en hún getur þó verið hættuleg fólki í stórum skömmtum. Geislunin fer gegnum flest líffæri líkamans og þess vegna kemur hún að miklu gagni þegar við þurfum að „skoða“ líkamann að innan. Röntgengeislun fer til dæmis ekki gegnum blý.



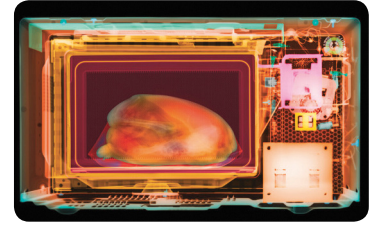
### Útfjólublá geislun

Mikil útfjólublá geislun er hættuleg fólki. Hluti útfjólublárrar geislunar frá sólinni stöðvast í ósonlagi lofthjúpsins. Sá hluti, sem nær til okkar, stöðvast í brúna litarefninu í húðinni sem verndar líkamann gegn þessum hættulegu geislum. Geislarnir fara hins vegar ekki gegnum venjulegt gler.



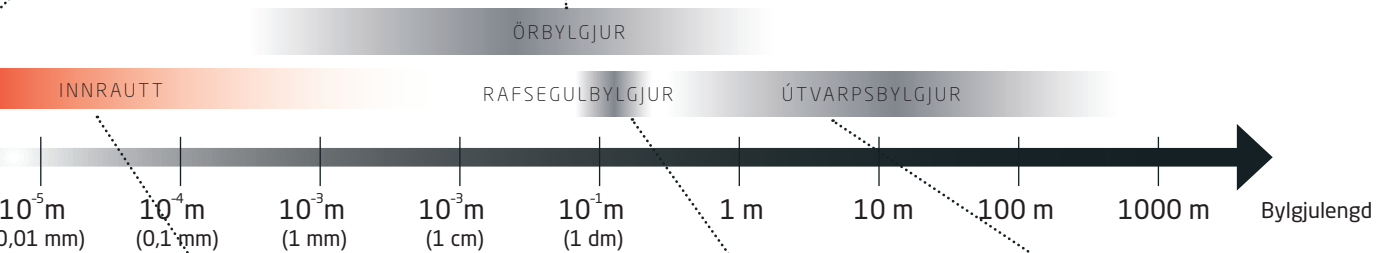
### Sýnilegt ljós

Ljós er eina tegund rafsegulgeislunar sem við sjáum með augum okkar. Mismunandi litir ljóssins eru einfaldlega ljós af mismunandi bylgjulengdum. Fjólublátt ljós hefur stystu bylgjulengdina og er þess vegna orkusnauðast. Rautt ljós er af lengstu bylgjulengdinni og er því orkusnauðast.



### Örbylgjur

Örbylgjur hafa lengri bylgjulengd en innrauð geislun. Örbylgjur láta vatnssameindir í matvælum fara að sveiflast - og matvælin hitna. Þetta fyrirbæri er notað í örbylgjuofnum.



### Innrauð geislun

Eldvélarketta, sem glóir, sendir frá sér rautt ljós. Hellan geislar hins vegar líka frá sér innrauðri geislun. Geislunin hefur lengri bylgjulengd en rautt ljós og augu okkar greina ekki innrauðu geislunina. Við finnum hins vegar fyrir henni sem varma (hita). Þess vegna nefnist hún líka varmageislun.



### Geislun frá farsímum

Geislunin frá farsímum og þráðlausu interneti er tiltekin tegund af rafsegulbylgjum, nánar til tekið útvarpsbylgjur. Í daglegu tali er talað um rafsegulgeislun frá farsímum en það er býsna ónákvæmt því að rafsegulbylgjur spanna allt sviðið sem teygir sig hér þvert yfir opnuna. Rætt hefur verið um meinta hættu sem fylgi notkun farsíma, en rannsóknir benda ekki til þess að hún eigi við rök að styðjast.



### Útvarpsbylgjur

Útvarpsbylgjur hafa lengstu bylgjulengd allra bylgna í rafsegulrófinu. Það hefur þá í för með sér að þær hafa líka minnstu orkuna. Útvarpsbylgjur eru notaðar til þess að senda útvarps- og sjónvarpsmerki kringum allan hnöttinn.

Við þurfum að vera gætin þegar við erum í sólbaði. Mikil útfjólublá geislun getur valdið húðkrabbameini.



### Rafsegulgeislun getur verið hættuleg

Rafsegulgeislun af langri bylgjulengd er yfirleitt síður hættuleg heilbrigði manna en geislun með stuttri bylgjulengd. Þegar þetta er metið verða menn þó að taka styrk geislunarinnar með í reikninginn. Styrkurinn er gefinn upp í vöttum á fermetra. Því meiri sem styrkurinn er þeim mun hættulegri er geislunin. Á Íslandi er það hlutverk *Geislavarna ríkisins* að gefa út leiðbeiningar um viðmiðunarmörk fyrir geislun.

Við sjáum ekki útfjólubláa geislun en við finnum þó fyrir henni. Það er sem sagt þessi geislun sem veldur því að við verðum *sólbrún* og úti- tekin. Mikil útfjólublá geislun er hættuleg. Á Íslandi greinast um 300 manns á hverju ári með *húðkrabbamein*. Um 50 þeirra fá hættulegustu tegund húðkrabba, *sortuæxli*. Með hliðsjón af þessu er mikilvægt að sóla sig varlega og gæta þess að húðin brenni aldrei. Þeir sem fara í sólarbekki verða ávallt að vera með hlífðargleraugu.

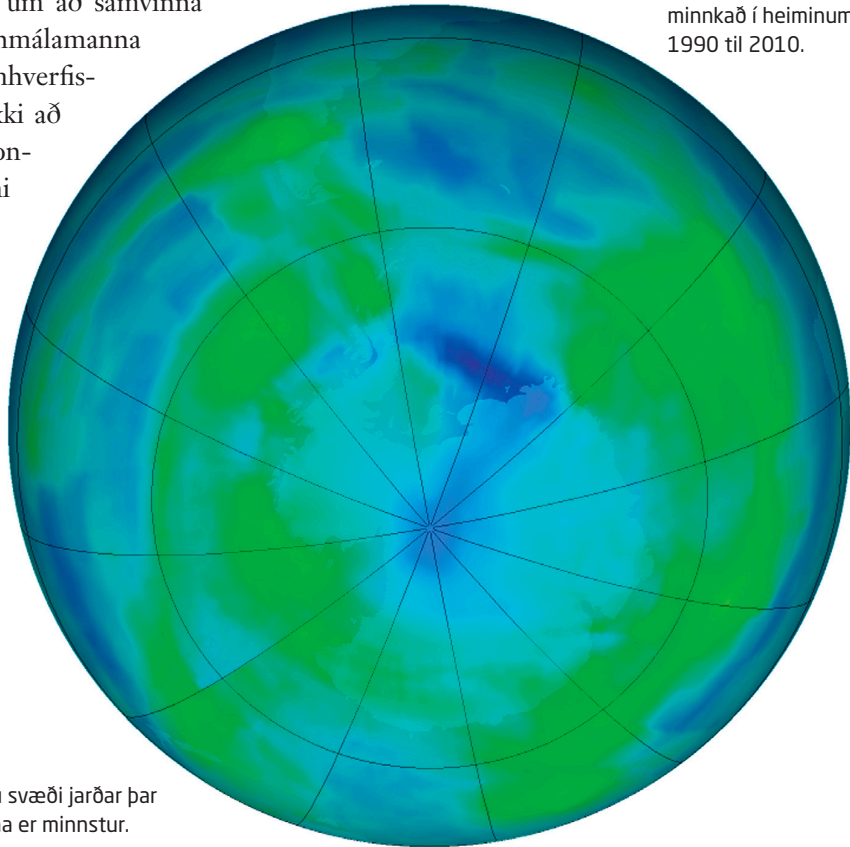
Nauðsynlegt er að við verjum okkur eftir bestu getu gegn rafsegul- geislun með stuttri bylgjulengd, til dæmis gegn röntgen- og gamma- geislun. Þetta skýrir það af hverju geislafræðingar verða alltaf að fara inn í annað herbergi í hvert sinn sem röntgenmynd er tekin. Endurtekin röntgengeislun er nefnilega hættuleg fyrir heilsuna.

## Ósonlagið - lífsnauðsynleg vörn

Útfjólubláa geislunin, sem berst stöðugt til jarðar frá sólinni, er hættuleg. Hún getur valdið húðkrabba og auk þess haft áhrif á ónæmiskerfið. Útfjólubláir geislar geta líka skaðað trén í skógunum og plönturnar á ökrunum. Sem betur fer er náttúruleg vörn allt umhverfis jörðina. Ofarlega í lofthjúpnnum er lag með lofttegundinni ósoni, *ósonlagið*. Þetta lag veldur því að aðeins lítill hluti útfjólublárrar geislunar frá sólinni nær til jarðar.

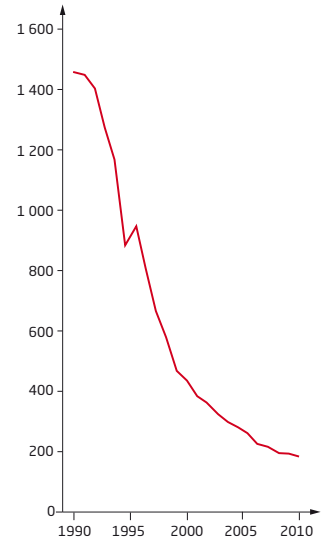
Upp úr 1970 uppgötvuðu menn að þetta verndandi lag hafði þynnst. Yfir heimskautionum voru jafnvel göt á ósonlaginu á vissum tímum árs. Ástæða þess að ósonlagið varð fyrir skaða mátti rekja til efna sem kallast *freonefni*. Þessi efni voru í úðabrusum, kæliskápum og frystikistum og í varmadælum. Þegar þetta varð ljóst tóku vísindamenn og stjórnámamenn saman höndum og þessi efni voru bönnuð skömmu fyrir 1990. Bannið hafði mikil áhrif og ósonlagið hefur jafnað sig að mestu en ástand þess var hvað verst í kringum árið 2003. Notkun freonefna hafði minnkað um 98% á heimsvísu árið 2012, 25 árum eftir að bannið tók

gildi. Þetta er gott dæmi um að samvinna vísindamanna og stjórnámamanna getur leyst hnattrænan umhverfisvanda. Þetta merkir þó ekki að tekist hafi að fjarlægja freonefni með öllu. Freonefni finnast enn, meðal annars í byggingarefnum í gömlum byggingum og brýnt er að taka þau úr notkun og endurvinnna þau svo að losunin haldi áfram að minnka.

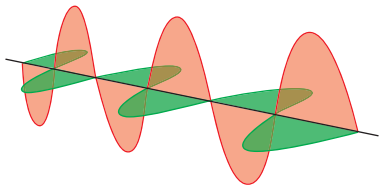


Blái liturinn sýnir þau svæði jarðar þar sem styrkur freonefna er minnstur.

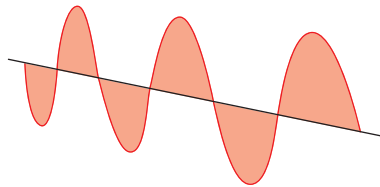
Framleiðsla freonefna í tonnum



Línuritð sýnir hversu mjög framleiðsla freonefna hefur minnkað í heiminum á árunum 1990 til 2010.



Ljósbylgjur sveiflast í allar áttir. Á þessari mynd eru tvær mismunandi stefnur sýndar.



Ef ljósbylgjur sveiflast aðeins í eina átt eru þær sagðar skautaðar.

## Ljósbylgjur sveiflast í allar áttir

Rafsegulbylgjur, meðal annars sýnilegt ljós, sveiflast í allar áttir. Þú getur fengið hugmynd um bylgjuhreyfinguna ef þú ímyndar þér band þar sem annar endinn er bundinn í hurðarhúin. Þú tekur í hinn endann og sveiflar bandinu upp og niður og líka til hliðar og þá myndar þú bylgjur sem sveiflast í allar áttir. Ljósbylgjur hegða sér á svipaðan hátt. Ljós, sem augu okkar nema, sveiflast til allra átta. Svona ljós nefnist *óskautað ljós*.

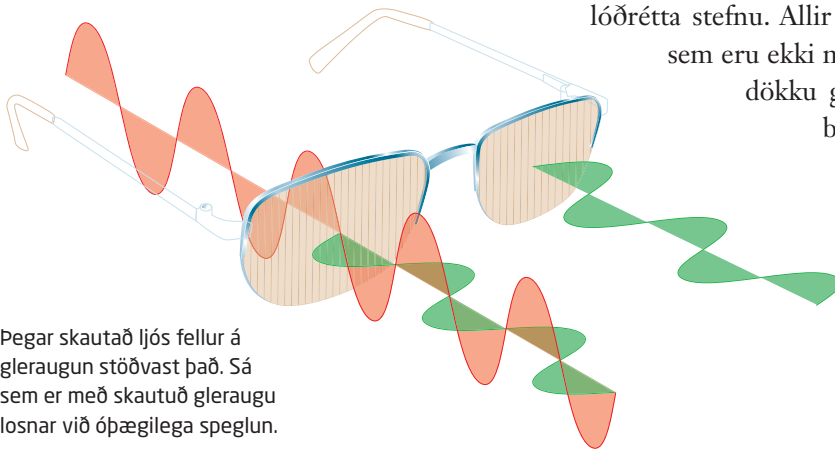
Ekki er allt ljós óskautað sem nær augum okkar. Sólarljós, sem endurkastast til dæmis af yfirborði stöðuvatns eða af vatnspollu, hegðar sér öðruvísi en annað ljós. Þegar ljósgeislarnir hafa endurkastast af vatnsyfirborðinu sveiflast ljósbylgjurnar að mestu leyti í einni stefnu. Ljós sem sveiflast í einni stefnu nefnist *skautað ljós*.

## Skautunargleraugu

Það spillir oft sjón okkar þegar glampar á stöðuvötn eða polla. Glampinn stafar af ljósi sem endurkastast af vatnsfletinum. Við getum losnað við þessa óþægilegu speglun með því að nota *skautunargleraugu*. Hvaða skýring skyldi vera á þessu?

Glerin í skautunargleraugum hleypa bara í gegnum sig ljósi sem sveiflast í eina tiltekna átt. Þegar skautað ljós frá yfirborði vegar eða stöðuvatni fellur á gleraugun kemst ljósið ekki í gegn. Óþægileg speglunin verður okkur þess vegna ekki til ama. Líkja má skautuðu glerinu við rimlagirðingu. Ef við sveiflum bandi, sem er þrætt gegnum girðinguna, upp og niður myndast bylgja á bandinu. Ef við hins vegar sveiflum bandinu til hliðar stöðva rimlarnir hreyfinguna. Skautunargleraugu virka á svipaðan hátt. Í gegnum glerið fara eingöngu ljósgeislar sem sveiflast í

lóðrétta stefnu. Allir aðrir geislar stöðvast. Sólgleraugu, sem eru ekki með skautunarglerjum, eru bara með dökku gleri sem deyfir svolítið alla geisla, bæði skautaða og óskautaða.

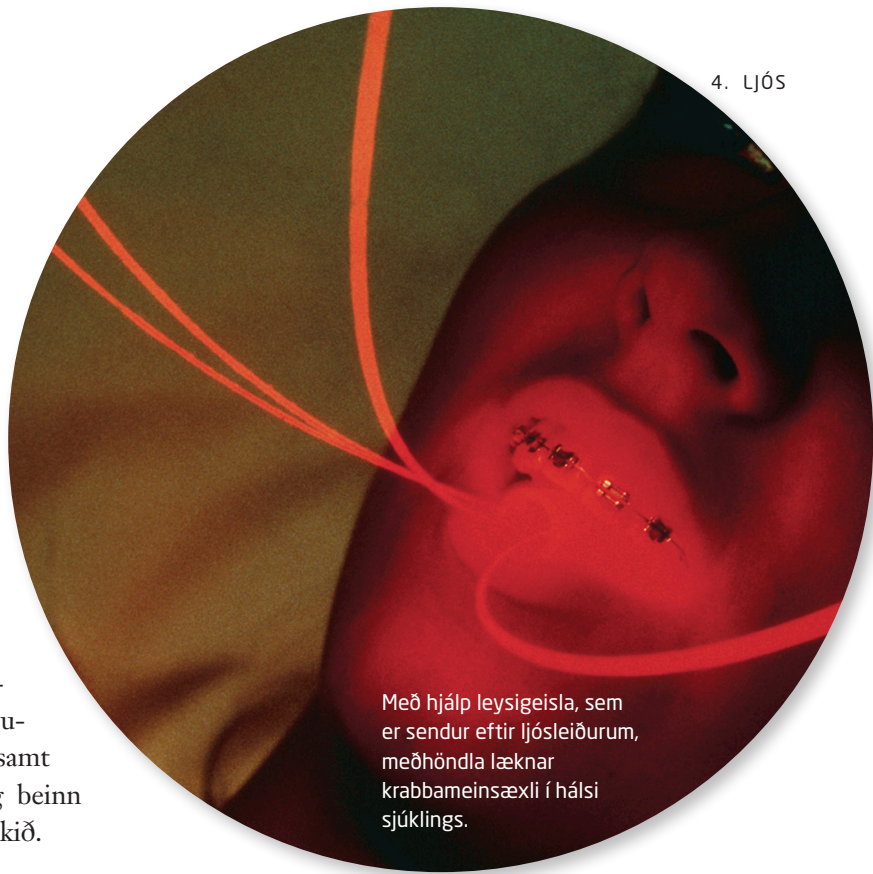


Þegar skautað ljós fellur á gleraugun stöðvast það. Sá sem er með skautuð gleraugu losnar við óþægilega speglun.

## Leysigeisli - sérstök tegund ljóss

*Leysitækni* er meðal annars notuð við læknisrannsóknir, við hraðamælingar lögreglumanna, í tölvum, DVD-spilurum og í fjölda annarra tækja. En hvað er *leysir* og leysitækni?

*Leysigeisli* er sérstök tegund rafsegulbylgna sem eðlisfræðingar uppgötvaðu fyrir meira en hálfri öld. Venjulegt ljós, til dæmis frá peru, er alltaf blandað ljós af mismunandi bylgjulengdum. Leysigeisli er hins vegar ljós af aðeins einni bylgjulengd. Við getum því aldrei klofið leysigeisla upp í litróf vegna þess að bylgjulengdin er bara ein. Leysitækni hefur samt ýmsa kosti. Leysigeisli helst sterkur og beinn af því að geislar hans brotna allir álíka mikið.



Með hjálp leysigeisla, sem er sendur eftir ljósleiðurum, meðhöndla læknar krabbameinsæxli í hálsi sjúklings.

## Leysir mælir fjarlægðir

Allar ljósbylgjur í leysigeisla eru af sömu bylgjulengd og þær dreifast ákaflega lítið. Þess vegna má nota leysi til þess að mæla fjarlægðir nákvæmlega, til dæmis fjarlægðina til tunglsins. Geimfararnir, sem spígsporuðu á tunglinu skömmu eftir 1970, skildu þar eftir *leysispegil*. Merki er sent frá jörðinni sem fellur á spegilinn og er komið aftur til baka eftir um það bil 2,5 sekúndur. Við getum reiknað fjarlægðina til tunglsins býsna nákvæmlega með því að margfalda þennan tíma með hraða ljóssins og deila með tveimur.

Leysitækni er líka notuð á listasöfnum. Þegar endurnýja þarf gamla olíumálningu er leysitæki notað til þess að komast að því hversu mörg lög af lakki eða fernisolíu eru ofan á olíumálningunni. Með leysigeislanum er hægt að fjarlægja hvert lagið á fætur öðru með því að brenna lakkið eða olíuna af, án þess að málverkið sjálft skaðist.

Menn nota líka leysi til þess að fjarlægja húðflúr (tattú). Leysigeislinn brýtur sundur litarefnin og frumur líkamans hreinsa upp leifarinnar með því að gleypa þær. Yfirleitt þarf þó að endurtaka meðferðina nokkrum sinnum til þess að fjarlægja húðflúrið algerlega.



Auðveldara er að húðflúra fólk en að fjarlægja flúrið. Með endurtekinni leysimeðferð tekst það þó yfirleitt.

## TAREFNI

## NOTAGILDI LEYSITÆKNINNAR

Víðtækar rannsóknir hafa leitt til uppgötvunar á nýjum tegundum leysigeisla, bláum og grænum leysi. *Blár leysigeisli* er miklu mjórri en rauður og það veldur því að hægt er að geyma allt að 30 Gb (Gb = gígabæti) á blágeisladiski (blue-ray), um fimmfalt meira en á mynddiski (DVD-diski). Þess vegna geta menn geymt margar kvikmyndir í háskerpuæðum á einum blágeisladiski. Leysitækni kemur víðar við sögu í umhverfismálum. Ný leysitæki geta greint hvort rétt efnahvörf eigi sér stað við brennslu í katli. Menn hafa einnig þróað aðferðir í skógrækt þar sem leysitækni er notuð til þess að greina hvaða trjátegundir vaxa á tilteknu og víðáttumiklu skógarsvæði. Með þessari nýju tækni telja menn að hægt verði að greina heilu skógana úr lofti og að ekki verði lengur nauðsynlegt að taka sýni á jörðu niðri.



## SIALFSPRÓF UR 4.4

## ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

- litróf • rafsegulgeislun • ósonlag • skautað ljós • leysigeisli

1. Hver er bylgjulengd þessarar bylgju?



2. Hvaða lit heldur þú að augu þín sjái ef öllum litum litrófsins er blandað saman?

3. Hvað nefnist sú geislun sem gerir okkur brún og útitekin?

4. Til hvers nota menn leysitækni?

5. Skoðu myndina. Gerum ráð fyrir því að geislarnir fjórir tákni gult, blátt, rautt og grænt. Hvaða geisli er táknaður með A, hver með B, hver með C og hver er D á myndinni?



6. Hvernig myndast regnbogi?

7. Útskýrðu af hverju tómatur er rauður.

8. Hvers vegna getur verið heppilegt að vera með skautuð gleraugu?

9. Svartur flötur endurkastar alls engu ljósi. Útskýrðu það af hverju við sjáum hann samt sem áður.

10. Útskýrðu það hvernig skautuð gleraugu geta losað okkur undan óþægilegri speglun, til dæmis af yfirborði stöðuvatns.

11. Ef við sendum leysigeisla til tunglsins og látum hann endurkastast af spegli kemur hann aftur til okkar eftir 2,5 sekúndur. Reiknaðu fjarlægðina til tunglsins. Námunuðu að tíu þúsund kílómetrum.



# Geislunarorka og efnaorka

Við tengjum orðið geislun oft við eitthvað hættulegt. Geislun er hins vegar jafnvenjuleg og jafnmikilvæg í náttúrunni og sólin og plöntur. Það er eingöngu hluti rafsegulgeislunarinnar sem er hættuleg.

## Geislar sólar eru orka

Geislar sólarinnar búa yfir orku. Orka sólarinnar verður til við samruna frumeindakjarna í iðrum hennar. Orkan berst síðan til jarðar sem rafsegulbylgjur. Orkan býr í sjálfum bylgjunum og nefnist *geislunarorka*.

## Efnaorka

Geislar sólarinnar eru mikilvægur þáttur í lífi allra plantna. Plönturnar beisla geislunarorku sólarinnar og binda hana í sameindir úr þrúgusykri (glúkósa). Þetta gerist í ferli sem kallast *ljóstillifun*. Plönturnar nýta svo þrúgusykurinn til að framleiða fjölmörg önnur efni, svo sem mjölva (sterkju), beðmi (sellulósa), fituefni, prótín og vítamín. Í þessum efnum býr orka, komin frá geislum sólar, sem þau geyma sem *efnaorku*.

Ef plönturnar þurfa á orku að halda geta þær losað efnaorkuna úr læðingi með því að sundra efnunum. Það ferli nefnist bruni. Það sama gerist þegar dýr éta plöntur. Þá losnar orkan sem býr í plöntunum. Þegar við borðum til dæmis epli verðum við hress og endurnærð vegna þess að efnaorkan í eplinu losnar og líkami okkar nýtir hana.

Dauðar plöntur og dýr, sem lifðu endur fyrir löngu, hafa á milljónum ára umbreytt og orðið að *kolum*, *olíu* og *jarðgasi*. Þegar við brennum þessum jarðefnum breytist efnaorka þeirra í varma.

### Geislunar- og efnaorka eru meðal margra forma orkunnar:

raforka  
varmaorka  
**geislunarorka**  
**efnaorka**  
vélræn orka  
stöðuorka  
hreyfiorka  
kjarnorka



Þegar þú borðar epli hressist þú vegna þess að líkaminn nýtir sér efnaorkuna sem losnar úr sameindum þess.

## SJÁLFSPRÓF ÚR 4.5

1. Nefndu þrjú dæmi um geislunarorku.
2. Hvernig geymist geislunarorka í plöntum?
3. Hvernig geta plöntur og dýr losað þessa geymdu orku?



## SAMANTÉKT

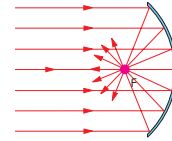
4.1

## Útbreiðsla ljóss og endurkast þess

- Við sjáum hluti vegna þess að þeir endurkasta ljósi sem fellur á þá. Hluti endurkastaða ljóssins hafnar í augum okkar.
- Ljósíð hreyfist sem geislar eftir beinum línunum.
- Ljósgeisli sem fellur á sléttan spegil endurkastast þannig að útfallshornið verður jafnstórt innfallshorninu.
- Sléttur spegill kallar fram mynd sem er jafnstór fyrirmyndinni, en myndin er viðsnúin, hliðarnar hafa víxlást.
- Þegar samsíða geislar falla á holspegil endurkastast þeir þannig að þeir skera hver annan í brennipunktinum. Þetta nýta menn sér meðal annars í sólarofnum og gervihnattadiskum.
- Þegar samsíða geislar falla á kúptan spegil dreifast þeir við endurkastið.
- Bæði holspeglar og kúptir speglar hafa sérstakan brennipunkt. Fjarlægðin milli spegils og brennipunkts nefnist brennivídd.
- Kúptur spegill gefur alltaf mynd sem er minni en fyrirmyndin. Holspegill gefur nánast alltaf stækkaða mynd.



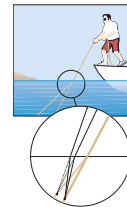
Ljós, sem hreyfist eftir beinum línunum, gefur skarpa skugga.



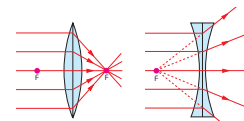
Brennipunktur holspeglis.



Gervihnattadiskur safnar merkjum saman.



Ljósíð brotnar við vatnsborðið.



Safnlinsa og dreifilinsa.

4.2

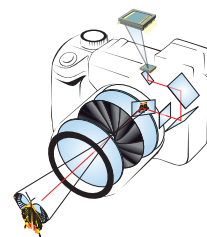
## Ljósbrott

- Hraði ljóssins í lofttæmi er 300 000 km/s. Hraði þess í lofti er næstum því jafnmikill.
- Ljósgeisli breytir stefnu sinni þegar hann fer úr einu efni í annað. Sagt er að ljósíð brotni. Ástæða þess að ljósíð brotnar er að hraði þess breytist eftir efninu sem það fer í gegnum.
- Ljósgeisli, sem fer úr lofti eða öðru þunnu efni og yfir í vatn eða annað þéttara efni, brotnar í átt að lóðlínunni.
- Ljósgeisli, sem fer úr gleri eða öðru þéttu efni og yfir í loft eða annað þynnra efni, brotnar í átt frá lóðlínunni. Ef innfallshornið er nægilega stórt verður alspeglun. Fyrirbærið kemur að gagni í ljósleiðaratakni.
- Auðvelt er að leggja ljósleiðara og útilokað er að hlera upplýsingarnar sem þeir flytja. Þeir endast vel í umhverfinu og flytja upplýsingar gríðarlega hratt.
- Tíl eru tvenns konar linsur, safnlinsur og dreifilinsur. Hver linsa hefur tvo brennipunkta. Fjarlægðin frá miðpunkti linsunnar og að brennipunktinum nefnist brennivídd.
- Samsíða ljósgeislar, sem falla á safnlinsu, brotna og koma saman í brennipunktinum. Dreifilinsa dreifir geislunum.
- Við getum kallað fram mynd af fyrirmynd með safnlinsu og varpað henni upp á spjald. Svona mynd nefnist raunmynd.
- Með dreifilinsu fáum við hins vegar bara sýndarmynd. Við getum ekki varpað sýndarmynd á spjald.

4.3

### Sjöntæki

- Stækkunargler er safnlinsa með stuttri brennivídd. Því styttri sem brennivíddin er þeim mun meiri verður stækkunin.
- Í sjónauka og smásjá eru tvær linsur. Þær nefnast hlutlinsa og augnlinsa. Augnlinsan er næst auganu þegar horft er í smásjána.
- Fjórir mikilvægustu hlutirnir í myndavél eru linsa (hlutlinsa), lokari, ljósop og myndflaga. Linsan á myndavélinni er safnlinsa.
- Líkja má auganu við myndavél. Augasteinninn svarar til linsu myndavélarinnar, sjáaldrið samsvarar lokaranum og sjónan samsvarar myndflögunni.
- Nærsýni má lagfæra með gleraugum með dreifiglerjum og fjarsýni með gleraugum með safnglerjum.



Svona virkar myndavél.

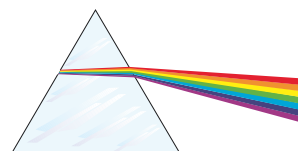
4.4

### Ljós og litir

- Ljós hreyfist sem bylgjur með bylgjudölum og bylgjutoppum. Fjarlægðin milli tveggja bylgjudala eða tveggja bylgjutoppa nefnist bylgjulengd.
- Þegar sólarljós fer gegnum glerstrending (prisma) sjáum við litróf. Litirnir í litrófinu eru rautt, appelsínugult, gult, grænt, blátt, dimmblátt og fjólublátt.
- Ástæða þess að við fáum litróf er sú að litirnir brotna mismikið í strendingnum. Rautt brotnar minnst og fjólublátt mest.
- Í sólarljósi eru líka geislar sem við sjáum ekki, til dæmis útfjólubláir geislar og innrauðir geislar. Útfjólubláa geislunin gerir okkur sólbrún og við skynjum innrauða geisla sem varma.
- Rauður flötur endurkastar í meginatriðum rauðu ljósi en flöturinn gleypir aðra liti. Þess vegna verður hann rauður í augum okkar.
- Hvítur flötur endurkastar öllu ljósi og þess vegna er hann hvítur. Svartur flötur endurkastar alls engu ljósi, hann gleypir alla geisla.
- Ljósbylgjur sveiflast í allar áttir. Ljós, sem sveiflast bara í eina átt, nefnist skautað ljós.
- Í leysi eru allar ljósbylgjur af sömu bylgjulengd.



Sjónin rannsökuð.



Sólarljósið myndar litróf.



Rauður flötur endurkastar rauðu ljósi.

4.5

### Geislunarorka og efnaorka

- Geislunarorka og efnaorka eru tvö af allnokkrum orkuformum í náttúrunni.
- Orka flyst frá sól til jarðar í forni geislunar.
- Því orkuríkar sem geislunin er þeim mun styttri er bylgjulengd hennar. Útfjólublá geislun hefur styttri bylgjulengd en ljós. Bylgjulengd ljóss er styttri en bylgjulengd innrauðrar geislunar.
- Í ferli, sem nefnist ljóstillífun, beisla plöntur geislunarorku sólar og binda hana í efnaorku.



Í matvælum er efnaorka.

## LOKAHDYKKURINN

- 1** Tengdu hugtökin til vinstri við lýsingarnar til hægri.
- |                   |  |
|-------------------|--|
| 1 Dreifilinsa     | A Fjarlægðin milli tveggja bylgjutoppa |
| 2 Stækkunargler   | B Hægt að kalla fram á spjaldi         |
| 3 Brennividd      | C Ljós af aðeins einni bylgjulengd     |
| 4 Bylgjulengd     | D Dreifir ljósi sem fellur á hlutinn   |
| 5 Innrauð geislun | E Safnlinsa                            |
| 6 Raunmynd        | F Fjarlægðin að brennipunktinum        |
| 7 Leysir          | G Ljós sem sveiflast í eina átt        |
| 8 Skautað ljós    | H Varmageislun                         |

- 2** Hver af þessum linsum hefur sömu lögun og augasteinn?

- 3** a) Hver þessara fullyrðinga styðst við eðlisfræðilega þekkingu á ljósi?

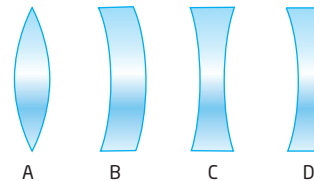
A: Sara sá vini sína aldrei í réttu ljósi eftir þetta.

B: Við sjáum ekki svartan flöt.

C: Augu katta lýsa í myrkri.

D: Ljós er bylgjuhreyfing af sömu gerð og hljóð.

- b) Færðu rök fyrir því að fullyrðingin, sem þú valdir, styðjist við þekkingu á eðlisfræði.



- 4** Ítalinn Galíleó Galíleí uppgötvaði stærstu tungl Júpíters með hjálp uppfinningar sem var þá ný.

- a) Hvaða uppfinning var þetta?  
 b) Myndin, sem Galíleó sá, var ekki alls kostar rétt. Hvað var rangt við hana?  
 c) Uppfinning hans breytti eiginlega heimsmynd okkar. Hvernig þá?

- 5** Sólin skín á ský og varpar skugga þess á yfirborð jarðar.

- a) Hver á rétta svarið?  
 b) Útskýrðu af hverju það svar er rétt.

Skugginn er stærri en skýið.

A

Skugginn er minni en skýið.

B

Skugginn er um það bil jafnstór og skýið.

C



- 6 Í verklegum tíma fengu nemendur það verkefni að ákvarða brennivídd safnlinsu. Hér fyrir neðan er lýsing á því sem tveir nemendanna gerðu.

*Emil:* Ég kom linsunni fyrir svo langt frá ljósgjafanum að ljósið varð samsíða þegar það fór gegnum linsuna. Síðan mældi ég fjarlægðina frá ljósgjafanum til linsunnar, en sú fjarlægð er jöfn brennivídd linsunnar.

*Jenný:* Úti var sólskin og þess vegna fór ég út með linsuna og hélt henni þannig að sólarljósið féll á hana. Sólarljósið brotnaði í linsunni og kom saman í brennipunktinum. Ég mældi fjarlægðina frá linsunni að brennipunktinum og fann þannig brennivíddina.

Hvoru þeirra tókst að ákvarða brennivíddina? Færðu rök fyrir svarinu.

- 7 Ef við förum í sólbað innan við gluggarúðu verðum við ekki sólbrún. Hvers vegna ekki?

- 8 Fyrir um 30 árum uppgötvaðu menn að ósonlagið, sem umlykur jörðina, var farið að þynnast. Sem betur fer virðist mönnum hafa tekist að stöðva þessa þróun. Hvaða hættu fylgir því ef ósonlagið verður of þunnt eða göt koma á það?

- 9 a) Hvaða eitt heiti nær yfir sýnilegt ljós, útfjólubláa geislun, röntgengeislun og svo framvegis?  
 b) Í hvaða búnaði, sem er talinn upp hér að neðan, er notuð geislun af stystri bylgjulengd?  
 A: Á sólbaðsstofu                      C: Í örbylgjuofni  
 B: Í röntgenmyndavél                D: Í útvarpssendi

- 10 Þykkt augasteinsins breytist eftir því hvort við horfum á nálæga hluti eða hluti sem eru langt í burtu. Er augasteinninn þykkur eða þunnur þegar þú horfir á hlut sem er nálægt þér? Útskýrðu hvernig þú hugsar svarið.

- 11 a) Hvað er alspeglun?  
 b) Ljós getur alspeglast í gleri. Það nýta menn sér í svokölluðum ljósleiðurum (ljósþráðum). Hvað er ljósleiðari?  
 c) Hvernig hafa þessir ljósleiðarar breytt lífi okkar?

- 12 Hvers vegna höfum við tvö augu? Væri ekki nóg að hafa bara eitt?



# Töflur

## 1. Eiginleikar fastra efna

EFNI	EÐLISMASSI (g/cm <sup>3</sup> )	BRÆÐSLU-		BRÆÐSLU-		LENGING (mm)
		MARK (°C)	VARMARÝMD (J/g · gráða)	VARMI (J/g)	VIÐNÁM (Ωmm <sup>2</sup> /m)	1 m LANGRAR STANGAR VIÐ 1° HÆKKUN Á HITA
Ál	2,7	660	0,9	390	0,028	0,024
Steinsteypa	–	–	0,92	–	–	0,012
Blý	11,3	328	0,13	25	0,22	0,029
Demantur	3,5	3600	0,49	17000	–	0,0013
Gler	2,5	–	0,84	–	–	0,008
Gull	19,3	1064	0,13	66	0,024	0,014
Ís	0,92	0	2,2	333	–	0,05
Járn	7,9	1535	0,45	276	0,105	0,012
Kopar	9	1083	0,39	205	0,017	0,016
Messing	8,4	1188	0,38	–	–	0,021
Platína	21,4	1772	0,13	110	0,108	0,009
Silfur	10,5	961	0,23	105	0,016	0,019
Tin	7,3	232	0,23	59	0,115	0,027
Úran	18,9	1132	0,12	85	0,22	0,013
Volfram	19,3	3410	0,13	200	0,056	0,0043
Sink	7,1	420	0,39	112	0,058	0,026

## 2. Eiginleikar vökva

EFNI	EÐLISMASSI (g/cm <sup>3</sup> )	SUÐUMARK (°C)	VARMARÝMD (J/g · gráða)	UPPGUFUNARVARMI (J/g)
Etanól	0,79	79	2,43	841
Kvikasilfur	13,6	357	0,14	301
Brennisteinssýra	1,85	326	1,38	511
Terpentína	0,84	180	1,75	293
Vatn	1	100	4,18	2260

## Atriðisorðaskrá

### A

aðalljós bíla 102  
Alessandro Volta 16  
Alexander Graham Bell 55  
alkul 73  
alspeglandi glerstrendingur 110  
alspeglun 105  
Alþjóðlega stofnunin  
fyrir mál og vog 66  
amper 17  
ampermælir 17  
Anders Celsius 72  
André Marie Ampère 17  
Anton van Leeuwenhoek 110  
augasteinn 112  
augngler 110  
augnknöttur 112  
augnok 112  
augu 98

### Á

álag 31  
áttund 51

### B

baksýnispeglar 102  
bassatónar 48  
Benjamin Franklin 8  
bergmál 54  
bergmálsdýptarmælir 54  
blár leysigeisli 126  
botnfrosin vötn 73  
brennipunktur 101, 108  
brennivídd 101, 108  
breytilegt viðnám 28  
brothorn 104  
bruni 127  
bylgja 115  
bylgjudalur 115  
bylgjulengd 42, 115  
bylgjutoppur 115

### D

Daniel G. Fahrenheit 72  
desibel 54  
diskantstónar 48  
díoptríur 113  
díóðuperur 16  
djúpir tónar 48  
dopplerhrif 49  
dreifilinsa 108

### E

eðlismassi 67  
efnaorka 127  
einangrarar 18  
einangrun 58  
elding 12  
eldingavari 13  
endurkast 98  
eyrnasuð 57

### F

Farenheit-kvarði 72  
fjarsýni 113  
flass 111  
flúrperur 16  
freonefni 123  
frostmark vatns 72  
frumeind 9  
föst efni 69  
föst viðnám 28

### G

gammageislun 120  
Geislavarnir ríkisins 122  
geislun frá farsímun 120  
geislunarorka 127  
gervihnattadiskar 101  
gleraugu 114  
glerstrendingur 106  
glópera 16  
glóþráður 16, 27  
gramm 66  
gróðurhúsaáhrif 85  
gróðurhúsalofttegundir 85  
grunntónn 51

### H

hafgola 89  
hafstraumar 82  
haglél 90  
halli jarðmónduls 82  
halógenperur 16  
háhraðanettenging 107  
háir tónar 48  
háspennulínur 35  
háþrýstingur 83  
háþrýstisvæði 84  
hektópaskal 83  
herma 50  
heyrnarhlífar 55  
heyrnarskaði 55, 57  
heyrnarvernd 57  
hitabúsi 80  
hitaskil 88  
hitastillir 71  
hitapensla 69  
hláturgas 85  
hleðslurafhlöður 17  
hliðrun 105  
hliðtengd straumrás 23  
hljóð 42  
hljóðbylgja 42  
hljóðhraði 44  
hljóðmúrinn 45  
hljóðmælir 53  
hljóðstyrkur 28, 49  
hljómbotn 50  
hlutgler 110  
hlutlausar frumeindir 9  
holspeglill 101  
hringrás 77  
húðkrabbamein 122

### I

innfallshorn 100  
innhljóð 46  
innrauð geislun 78, 120  
internetið 104

### Í

íhvolfur 101  
ískristallar 89

### J

jafnþrýstilína 84  
jarðefnaeldsneyti 85  
jarðgas 127  
jarðleiðari 32  
jarðtenging 32  
jarðvarmaver 35  
jákvæð rafhleðsla 10  
jákvæðar linsur 108  
jákvætt skaut 14  
járnbent steinsteypa 70  
jörð 32

### K

kelvinkvarði 73  
kilógramm 66  
kjarni 9  
kol 127  
koltvíoxíð 85  
kuldaskil 88  
kúptur speglill 101  
kvikasílfur 71

### L

lágir tónar 48  
lágþrýstingur 83  
lágþrýstisvæði 84  
legur 70  
leiðarar 18, 30  
leiðnirafeindir 18  
lekastraumsrofur 34  
lesgleraugu 113  
leysiaðgerð 114  
leysigeisli 125  
leysir 125  
leysispeglill 125  
leysitækni 125  
linsur 108, 111  
litir 117  
litróf 116  
ljós 96, 115  
ljósbrot 104  
ljóseindir 115  
ljósgeisli 98  
ljósgjafi 98  
ljóshraði 104  
ljóskastarar 102  
ljósléiðarakaplar 107  
ljósléiðarataekni 106  
ljósléiðari 106  
ljósop 111

ljóstíllífun 127  
lofthiti 83  
lofthjúpur 83  
loftraki 83  
loftstraumar 82  
lofttegundir 69, 91  
lofttæmi 43, 77  
loftþrýstingur 83  
lokari 111  
lokuð straumrás 16  
lóðlína 100

## M

magaspeglun 107  
Mannvirkjastofnun 30, 33  
massi 66  
meðalhiti 81  
meðalúrkoma 90  
meðsveifla 50  
meðvitað skammhlaup 30  
metan 85  
mettað loft 83  
miðbaugur 82  
milliamper 17  
millibar 83  
milligramm 66  
millilítrar 66  
myndavél 111  
myndflaga 111  
myrkurhús 111  
mæliglas 67

## N

neikvæð rafhleðsla 10  
neikvæðar linsur 108  
neikvætt skaut 14  
neisti 11  
nifteindir 9  
nærsýni 112

## O

ofnar 77  
olífa 127

## Ó

óm 27  
ómega 27  
ómsjár 53  
ómskoðun 53  
óskautað ljós 124  
óson 85  
ósonlagið 123  
ósýnilegt ljós 120

## R

raðtengd straumrás 23  
rafeindir 9  
rafhlaða 14  
rafhleðsla 9  
rafmagn 14  
Rafmagnseftirlit ríkisins 30  
rafmagnsvör 34  
raforka 35

rafrænt hljóð 50  
rafsegulgeislun 120  
rafspenna 14, 16  
rafstraumur 15  
rafveitukerfi 79  
rakamælir 83  
rangsælis 88  
raunmynd 108  
regn 90  
regnbogi 117  
rennivíðnám 28  
réttisælis 88  
róteindir 9  
rúmdesímetri 66  
rúmmál 66  
rúmsentimetrar 66  
röntgengeislun 120

## S

safnlinsa 108  
samsíða ljósgeislar 101  
selsúsgráður 72  
sjáaldur 112  
sjálfvar 31  
sjóna 112  
sjónauki 110  
sjóngalli 112  
skammhlaup 30  
skammleið 30  
skaut 82  
skautað ljós 124  
skautunargleraugu 124  
skil 88  
skuggar 99  
ský 89  
skýjahula 83  
skýjahæðarmælir 83  
sléttur spegill 100  
smásjá 111  
snertilinsur 114  
snjór 90  
sortuæxli 122  
sólaraofn 101  
sólarrafhliöður 79  
sólglídrur 78  
spærperur 16  
spegill 100  
spegilmynd 100  
staðalkilógramm 66  
staðaltónn 48  
steinsteypa 70  
stilling hljóðfæra 48  
stillivíðnám 28  
straumrás 16  
straumrofi 16  
stækkunargler 108, 110  
stöðurafmagn 9  
suðumark vatns 72  
sveifla 42  
sveiflutími 47  
sýndarmynd 108  
sýnilegt ljós 120

## T

teiknitákn 22  
tengimynd 22

tenging framhjá 30  
tenglar 32  
Thomas A. Edison 15  
tíðni 45  
tónkvísl 48  
tvímálmshitamælir 71  
tvímálmur 71

## Ú

úrkoma 83  
útfallshorn 100  
útfjólublá geislun 120  
útgæislun 85  
úthljóð 46  
útvarpsbylgjur 120

## V

var 31  
varmaburður 75, 77  
varmageislun 75, 78  
varmaleiðarar 75  
varmaleiðni 75  
varmaorka 91  
varmi 69, 91  
vatnsdropar 89, 117  
vatnsgufa 85  
vatnsorkuver 35  
veður 81, 82  
veðurathugunarstöðvar 82  
veðurfræði 81  
veðurfræðingar 81  
veðurkort 84  
veðurspá 81, 82  
Veðurstofa Íslands 82  
viðnám 27  
vindar 88  
vindátt 83  
vindhraði 83  
vindmillur 35  
volfram 27  
volt 16  
voltmælir 16  
vökvar 69, 91

## W

William Herschel 120

## Y

yfirtónar 51

## P

þétting 42, 89  
þristrendingur 105  
þrumuveður 12  
þverbylgja 115  
þynning 42

## Ö

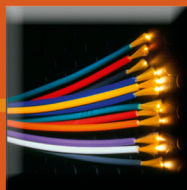
örbylgjur 120  
öryggi 31

## Rétthafar myndefnis

Adam Hart-Davis/Science Photo Library/IBL: 11  
Alexander Tsiara/Science Photo Library/IBL: 125 (1)  
Alvis Upitis/Photographers choice/Getty Images: 50 (1)  
Anders Karlsson: 16 (2), 18, 54, 69, 74, 76 (1)  
André Maslennikov/IBL: 15, 77  
Anette Nantell/Scanpix: 99 (2), 115 (2)  
Angelika Warmuth/DPA/Scanpix: 40  
Anja Callius/Bildhuset/Scanpix: 24  
Arbetsmiljöverket Sviþjóð: 41 (1)  
Audphoto/Shutterstock: 126  
Bengt Nilsson/Scanpix: 58  
Bernard Winkelmann/Stockfood/Scanpix: 35  
BIPM (Bureau International des Poids et Mesures): 66  
Bolli Pálmason/Veðurstofa Íslands: 84  
Brian Goodman/Shutterstock: 50 (2)  
Bridgeman Art Library/IBL: 52  
Brynjar Gauti/MBL: 81  
BSIP/Universal Images Group/Getty Images: 111, 114  
Camilla Cherry/Scanpix: 63  
Capricorn Studio/Shutterstock: 122  
Carlos F. Gutierrez/Patagonia Press/Scanpix: 8  
Chones/Shutterstock: kápa  
David Atkinson/Jetta Productions/Tetra Images/Getty Images: 42  
David Parker/science Photo Library/IBL: 96, 104  
Daz Brown Photography/Shutterstock: 85  
Dejan Karin/Flickr/Getty Images: 98 (1)  
Don Johnston/IBL: 115 (1)  
Elin Berge/Scanpix: 14 (1)  
F Chamura/Tiofoto/NordicPhotos: 98 (2)  
Francis Bossé/Shutterstock: 76 (3)  
Frank Mächler/DPA/Scanpix: 120 (1)  
Fredrik Persson/Scanpix: 113 (2)  
Gaetan Billy/Keystone/Scanpix: 119 (1)  
Greg Leschinsky/Glasshouse Images/Johner: 95  
Gusto/Science Photo Library/IBL: 9(3), 121 (2)  
Göran Gustavsson/Scanpix: 86  
H. Armstrong Roberts/ClassicStock/Corbis/Scanpix: 118 (2)  
Håkan Hjort/Johner/Getty Images: 80  
Håkan Lindgren/Scanpix: 113 (1)  
Heiko Wolfram/DPA/Scanpix: 127  
Helgi Bjarnason/MBL: 90  
Höfundur óþekktur: 31, 54 (1)  
Ilya S. Savenok/Getty Images: 51  
Image Source/Getty Images: 49  
Istockphoto/Getty Images: 102  
Jan Mammey/Stock 4B Creative/Getty Images: 78 (1)  
Jens Sölvberg/Samfoto/Scanpix: 33, 34, 48  
Jeroen Rouwkema: 110 (1)  
Jim Gibson/IBL: 64  
Johan Nilsson/Scanpix: 6  
Johan Wingborg/Scanpix: 82  
Johanna Hanno/Bildhuset/Scanpix: 130 (3)  
John Gay/US Navy/AFP/Scanpix: 45 (1)  
John Rizzo/Blend Images/Getty Images: 7 (1)  
John Zich/Time & Life Pictures/Getty Images: 125 (2)  
Jose Luis Pelaez/Iconica/Getty Images: 20  
Jón Cleon Sigurðsson/Landsvirkjun: 41 (2)  
Julie Jacobson/AP/Scanpix: 119 (2)  
Jupiter Images/FoodPix/Getty Images: 97 (2)  
Kae Deezign/Shutterstock: 14 (2)  
Kjell-Arne Larsson/IBL: 70 (1)  
Kristinn Ingvarsson/MBL: 23  
Liber (úr safni): 105  
Lisa M. Robinsson/Photonica/Getty Images: 71 (1)  
Lynn Goldsmith/Corbis/Scanpix: 47  
Magnus Ragnvid/Johner/Getty Images: 130 (2)  
Malin Grönborg/Scanpix: 55  
Mark Horn/Photonica/Getty Images: 97 (1)  
Mark Thomas/Science Photo Library/IBL: 120 (2)  
Mark Tomalty/Masterfile/Scanpix: 121 (1)  
Martial Trezzini/Keystone/Scanpix: 12  
Martin Schutt/DPA/Scanpix: 100  
Mats Silvan/Flickr/Getty Images: 27  
Michelle Del Guercio/Photographer's choice/Getty Images: 107 (2)  
NASA: 43, 123  
Nataliya Lukhanina/Hermera/Getty Images: 110 (2)  
Nils-Erik Børholt/Scanpix: 59  
Nobuhiro Asada/Shutterstock: 75  
Oddur Sigurðsson/Veðurstofa Íslands: 65 (1), (2)  
Olesya Feketa/Shutterstock: 120 (3)  
Olga Besnard/Shutterstock: 17  
Olof Arenius (málverk): 72 (1)  
Orda, Kruglov/Shutterstock: 25  
Pabkov/Shutterstock: 56 (2)  
Patrick Pleul/DPA/Scanpix: 121 (3)  
Paul J. Richards/AFP/Scanpix: 16 (1)  
Paul Taylor/Stone Sub/Getty Images: 118 (1)  
Pedrosala/Shutterstock: 56 (1)  
Photodisc/Getty Images: 53  
Purestock/Getty Images: 44  
Ria Novosti/Science Photo Library/IBL: 73 (1)  
Riser/Mother Image/Getty Images: 112  
Sam Stadener/Scanpix: 76 (2)  
Science Photo Library/IBL: 106  
Sebastian Lamotte/Scanpix: 22  
Sheri L. Giblin/Foodpix: 7 (2)  
Shutterstock: 39, 57, 67, 73 (2), 99 (1), 101, 116, 117, 121 (4),  
130 (1), 131  
Sigvaldi Árnason/Veðurstofa Íslands: 83  
Steinar Myhr/NN/Samfoto/Scanpix: 79  
Stphan Forsell: 10  
Stephanie Howard/Riser/Getty Images: 45 (2)  
Stig Hammarstedt/Scanpix: 28  
Stig-Åke Jönsson/Scanpix: 9 (2)  
Syda Productions/Shutterstock: 121 (5)  
Sylvain Grandadam/IBL: 72 (2)  
Torbjörn Andersson/Scanpix: 107 (1)  
Torbjörn Lija/Naturfortograferna/IBL: 71 (3)  
William West/AFP/Scanpix: 9 (1)  
Workbook Stock/Getty Images: 78 (2)







# EÐLISFRÆÐI 1

Eðlisfræði 1 er í flokki kennslubóka í náttúrufræði sem kallast Litróf náttúrunnar. Efnið er atlað efstu bekkjum grunnskóla.

Bókin skiptist í fjóra meginkafla sem hver um sig skiptist í nokkra undirkafla. Í upphafi er fjallað um rafmagn, eðli þess og eiginleika. Þá kemur kafli um hljóð þar sem m.a. er lögð áhersla á hljóðið í umhverfi fólks. Því næst kemur kafli um varma og veður en auk þess er þar lítillega fjallað um massa og loks er svo kafli um eðli ljóssins og einkenni, þar sem meðal annars er fjallað um þróun ljósleiðaratækni, geislun og fleira. Hver kafli hefst á opnu með stuttum inngangi og myndum, markmiðum kaflans og nánara efnisyfirliti. Í sérstökum rammaklausum er ítarefni, m.a. úr sögu vísindanna og í lok hvers undirkafla eru sjálfspróf úr efni kaflans ásamt nokkrum grunnhugtökum. Í hverjum meginkafla eru einnig síður eða opnur sem kallast Í brennidepli og fjalla um ýmis viðfangsefni samtímans sem tengjast efninu. Hverjum meginkafla lýkur svo með samantekt og spurningum úr öllu efni kaflans.

Bókin er einnig gefin út á hljóðbók. Á lokuðu svæði kennara á vef Menntamálastofnunar má nálgast svör við spurningum og kaflaprófum úr efninu.



MENNTAMÁLASTOFNUN  
40089

