

# Eðlis- og stjörnufræði I



NÁMSGAGNASTOFNUN  
07011

## Eðlis- og stjörnufræði 1

Hér birtast fyrstu fjórir kaflarnir í nýju námsefni í eðlisfræði fyrir unglingastig.

© 2015 Haukur Arason, Kjartan Örn Haraldsson og Sverrir Guðmundsson.

Ritstjórn: Sigríður Wöhler og Tryggvi Jakobsson.

Skrá yfir myndhöfunda er aftast í efninu.

1. útgáfa 2013

2. útgáfa aukin og endurbætt 2015

 Námsgagnastofnun

Kópavogi

<b>Heimur eðlisfræðinnar</b>	<b>4</b>
1.1 Um eðlisfræði og stjörnufræði	5
1.2 Geimfarar lenda á tunglinu	8
1.3 Um einingakerfi og mælingar	10
1.4 Er hægt að sjá í gegnum hluti?	14
<b>Kraftar og orka</b>	<b>17</b>
2.1 Kraftar – ósýnilegir en hafa áhrif	18
2.2 Orka og mismunandi orkuform	30
2.3 Einfaldar vélar	36
<b>Hitastig og varmaorka</b>	<b>44</b>
3.1 Hitastig	45
3.2 Varmaorka	48
3.3 Áhrif varmaorku á efni	52
3.4 Flutningur varmaorku	53
3.5 Eðlisvarmi – sum efni hitna meira en önnur	57
3.6 Hitastig er mælikvarði á hreyfingu sameinda	59
<b>Kraftar í vökvum og lofti</b>	<b>64</b>
4.1 Þrýstingur í vökvum og lofti	65
4.2 Vökvaknúnar vélar	70
4.3 Flotkraftur og lögmál Arkimedesar	71
4.4 Lögmál Bernoullis	78



Af hverju  
springur blaðran  
ekki?

# 1 Heimur eðlisfræðinnar

## Efni kaflans

- 1.1 Um eðlisfræði og stjörnufræði.
- 1.2 Geimfarar lenda á tunglinu.
- 1.3 Um einingakerfi og mælingar.
- 1.4 Er hægt að sjá í gegnum hluti?

### Markmið

- Nemandi á að
- ... þekkja gildi eðlisfræði og stjörnufræði
- ... kynnast dæmum um notkun eðlisfræði í daglegu lífi
- ... kynnast dæmum úr heimi stjörnufræðinnar
- ... kynnast ýmsu skritnu og skemmtilegu tengdu eðlisfræði og stjörnufræði

## 1.1 Um eðlisfræði og stjörnufræði

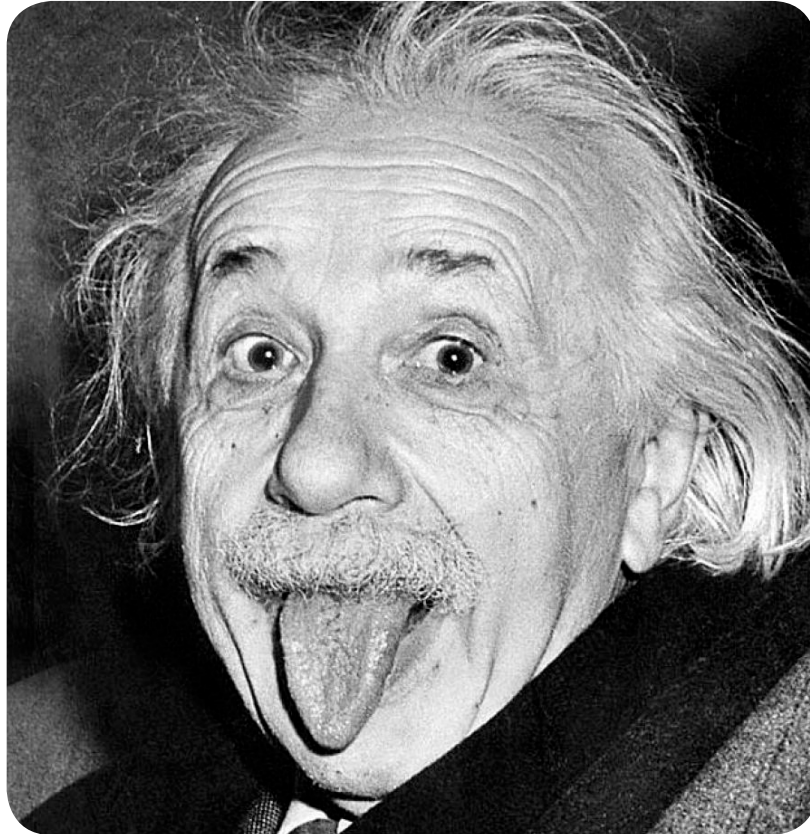
Stundum spyrja nemendur: „Af hverju erum við að læra eðlisfræði?“ Það er erfitt að svara þessari spurningu af því að svörin eru mörg og mismunandi. Það er alveg hægt að lifa góðu lífi án þess að kunna nokkuð í eðlisfræði og það sama á við um margt annað sem er kennt í skólum. Það að kunna eðlisfræði getur samt hjálpað manni til að fá gott starf. Mörg störf sem tengjast vísindum og tækni krefjast kunnáttu í eðlisfræði. Hvort sem fólk vinnur við að spá fyrir um veðrið eða smíða gervifætur þá er nauðsynlegt að kunna eðlisfræði.

Eðlisfræðikunnátta hjálpar manni að skilja mjög margt. Eðlisfræðin útskýrir af hverju sólarlagið er rautt, himinninn blár og regnboginn í öllum sínum litum. Eðlisfræðin útskýrir af hverju það er heitara í Moskvu en í Reykjavík á sumrin en kaldara í Moskvu á veturna. Eðlisfræðin útskýrir líka ýmislegt sem manni dettur ekki einu sinni í hug að velta fyrir sér, til dæmis af hverju við svífum ekki um í lausu lofti og af hverju ekki er hægt að ganga í gegnum steinsteypta vegg.

Eðlisfræðin er mikilvæg fyrir mannkynið og hún hefur verið nýtt bæði til góðs og ills, til dæmis bæði til að smíða vopn og lækningartæki. Í seinni heimstyrjöldinni stakk frægasti eðlisfræðingur heims, Albert Einstein, upp á því að búin yrðu til kjarnorkuvopn til að nota í stríðinu við Þýskaland nasismans. Eftir stríðið vildi Einstein að öllum kjarnorkuvopnum yrði eytt vegna þess að mannkyninu stafaði hætta af þeim.

Þó að eðlisfræðiþekking hafi verið notuð til ills þá eru góðu áhrifin meiri. Í lækningum eru notuð segulómunartæki og teknar röntgenmyndir til að sjá inn í fólk til að geta læknað það. Í sumum skurðaðgerðum eru notaðir ljósleiðarar þannig að hægt er að gera aðgerðirnar í gegnum lítil göt í stað stórra skurða og er þá sjúklingurinn mun fljótari að jafna sig eftir aðgerðina. Öll tæki sem við notum byggjast á eðlisfræði. Þetta á t.d. við um farsíma, tölvur og sjónvörp. Við hitum flest hús á Íslandi upp með heitu vatni, hljóðbylgjur eru notaðar til að leita að fiski í hafinu og rafmagn hefur bætt líf fólks um allan heim. Eðlisfræðiþekking hefur gert mannkyninu kleift að senda fólk til tunglsins og ná því heilu til baka.

Eðlisfræði er hluti af menningarlegu umhverfi nútímafólks. Hún er undirstaða heimsmyndar raunvísinda og skilnings okkar á heiminum. Eðlisfræði og stjörnufræði leggja grundvöllinn að skilningi mannkynsins á því hvernig alheimurinn varð til, hvernig jörðin varð til og hvernig aðstæður mynduðust fyrir kviknun lífs á jörðinni.



Albert Einstein.

Albert Einstein er einn af þekktustu vísindamönnum 20. aldar. Hann fæddist í Þýskalandi árið 1879. Einstein er þekktastur fyrir afstæðiskenningar sínar en í þeim felst meðal annars að tími og vegalengd breytast þegar hlutir nálgast ljóshraða, að ljós beygir þegar það fer nálægt mjög þungum hlutum, eins og stóru svartholi og að massi er eitt form orkunnar samkvæmt jöfnunni  $E = mc^2$ . Hann fékk Nóbelsverðlaunin í eðlisfræði árið 1921.

#### UMRÆÐUEFNI

- Hvers vegna lærum við eðlisfræði? Hvernig getur hún verið gagnleg fyrir okkur sem einstaklinga og fyrir mannkynið í heild?
- Hvaða gagn hefur mannkynið haft af kenningum Alberts Einsteins?  
Hvaða áhrif höfðu þær á gang síðari heimsstyrjaldar?

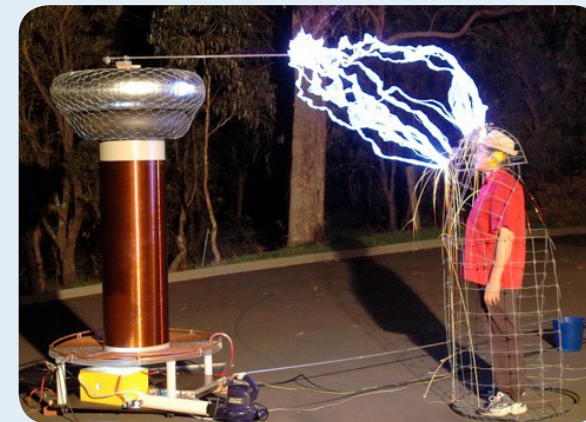
## Vísindamolar

Í þessum kafla er sagt frá ýmsum aðstæðum og fyrirbærum þar sem eðlisfræði og stjörnufræði koma við sögu.

Árið 1997 náði Bretinn Andy Green hraðanum 1228 kílómetrum á klukkustund á bílnum Thrust SuperSonic. Þetta var heimsmet því ekkert farartæki hafði komist á meiri hraða á yfirborði jarðar. Hann varð um leið fyrstur manna til þess að rjúfa hljóðmúrinn í bíl.



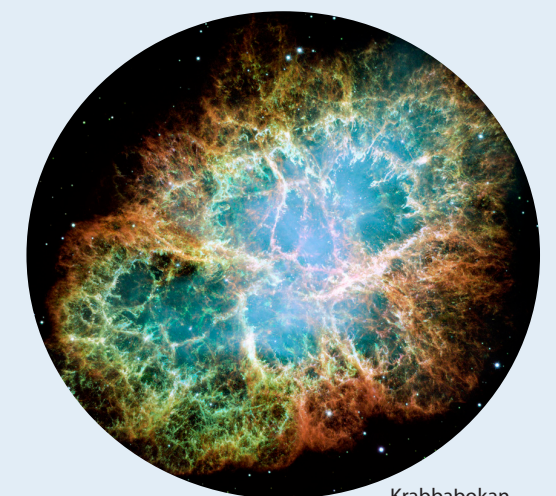
Thrust SuperSonic er nú til sýnis á samgöngusafninu í Coventry á Englandi.



Maður í Faradaybúri.

Þegar rafstraumur fer um loft þá gefur loftið frá sér ljósglampa sem við köllum eldingu. Loftið hitnar, þenst snögglega út og sendir frá sér hljóð sem nefnist þruma. Þetta gerist í náttúrunni þegar ský safna rafhleðslu. Einnig er hægt að búa til eldingar í rannsóknarstofu eins og sést á myndinni. Manneskjan á myndinni er örugg því hún er inni í svonefndu Faradaybúri sem leiðir hleðsluna niður í jörðina. Á sama hátt er öruggara að vera inni í bíl en utandyra í þrumuveðri því rafhleðslan berst eftir yfirborði bílsins.

Árið 1054 sást stjarna springa í stjörnumerkinu Nautinu. Stjarnan var svo björt eftir sprenginguna að hún sást bæði dag og nótt í nokkrar vikur. Leifar stjörnnunnar sjást sem gasþoka sem nefnist Krabbaþokan. Í miðju Krabbaþokunnar er nifteindastjarna sem snýst um 30 sinnum á sekúndu í kringum sjálfa sig. Mjög stórar stjörnur enda aldur sinn í sprengingu og mynda nifteindastjörnu eða svarthol.



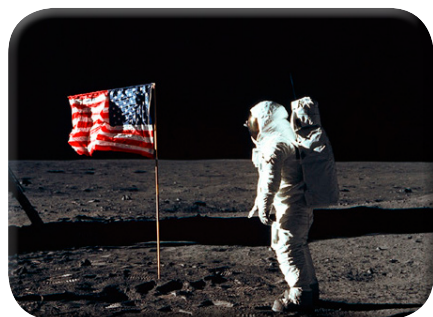
Krabbaþokan.

## 1.2 Geimfarar lenda á tunglinu

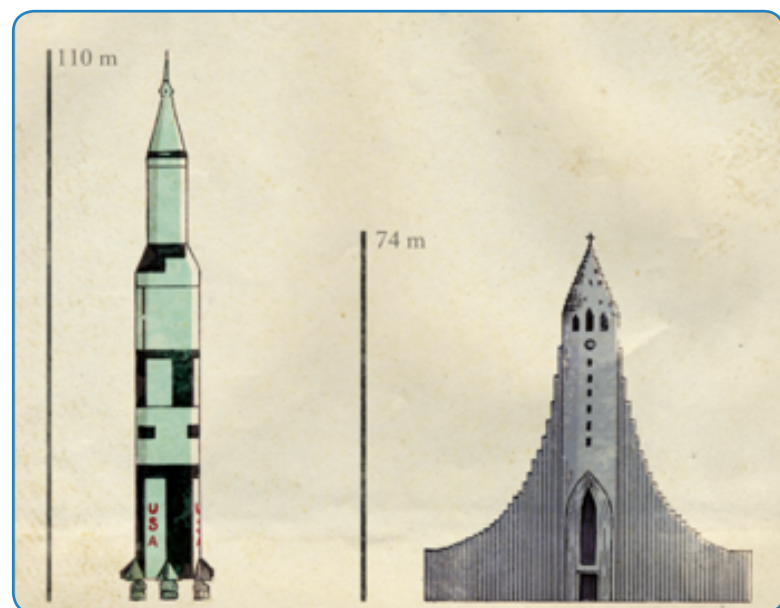
Eitt merkilegasta tæknafræk 20. aldar var að senda menn til tunglsins. Talið er að um 400 þúsund manns með margvíslega kunnáttu í tækni og vísindum hafi undirbúið leiðangurinn.

Heimsbyggðin stóð á öndinni þann 16. júlí 1969 þegar Apolló 11 leiðangurinn lagði af stað í fyrstu tunglferðina. Risavaxin Saturn V eldflaug hóf sig á loft frá Flórída en efst á henni var lítið geimfar með þrjú geimfara um borð.

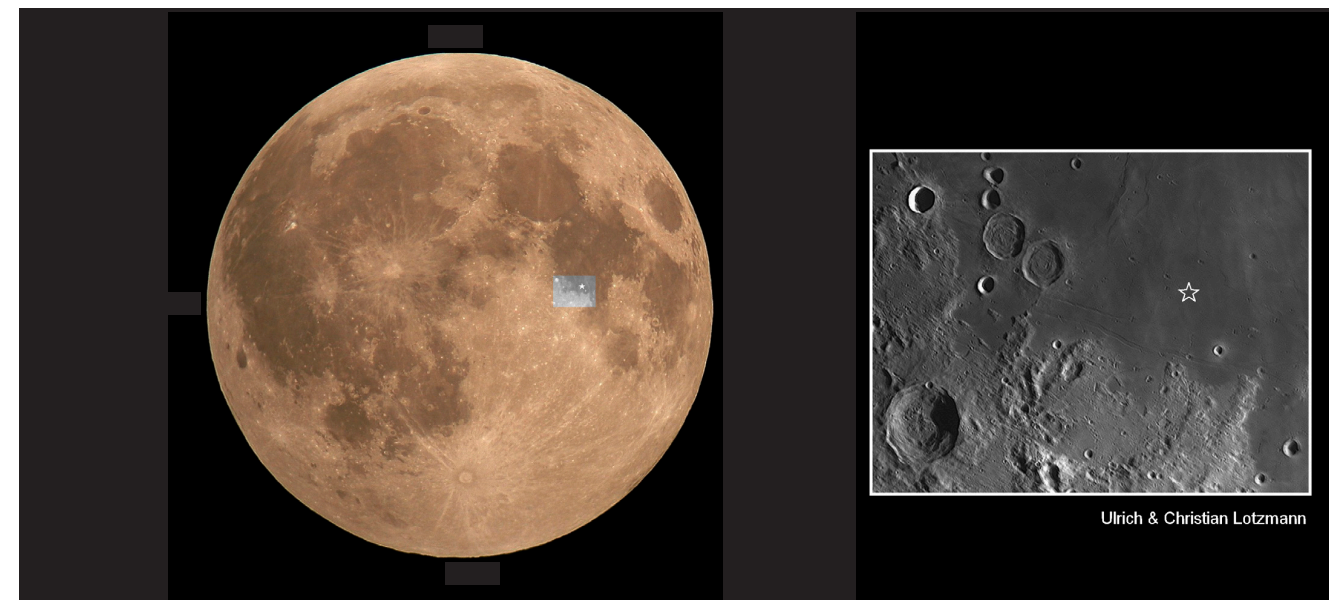
Eftir þriggja sólarhringa ferðalag komst geimfarið á braut um tunglið. Þar fóru geimfararnir Neil Armstrong og Edwin Aldrin um borð í tunglferju en félagi þeirra, Michael Collins, varð eftir í geimfarinu. Það var Neil Armstrong sem stýrði tunglferjunni niður á yfirborðið en síðar kom í ljós að eldsneytið sem ætlað var til landingar hefði aðeins dugað í 25 sekúndur til viðbótar. Í skipulagi leiðangursins var gert ráð fyrir því að geimfararnir tveir svæfu í fimm klukkustundir eftir landinguna. Þeir þjuggust hins vegar ekki við því að geta sofið og hófu því strax að undirbúa rannsóknir á yfirborði tunglsins. Rúmum sex klukkustundum eftir að tunglferjan lenti á yfirborðinu steig Neil Armstrong fyrstur manna fæti sínum á tunglið og mælti hin eftirminnilegu orð: „Þetta er lítið skref fyrir einn mann en risastökk fyrir mannkynið.“ Á tæpum þremur klukkustundum söfnuðu Armstrong og Aldrin rúmlega 20 kg af tunglgrjóti og komu einnig fyrir mælitækjum til rannsókna á



Edwin Aldrin við bandaríska fánann á tunglinu í júlí árið 1969. Fáninn virðist blakta en ef vel er að gáð sést að hann er festur við lárétta stöng sem heldur honum uppi. Ef stöngin væri ekki til staðar þá myndi fáninn lafa því það er enginn lofthjúpur eða vindur á tunglinu.



Saturn V eldflaug af þeirri gerð sem kom geimförunum sem fóru til tunglsins út fyrir lofthjúp jarðar var um 110 metrar á hæð. Til samanburðar er Hallgrímskirkjuturn um 74 metrar á hæð.



Ulrich & Christian Lotzmann

tunglinu. Þeir náðu sex klukkustunda hvíld áður en tunglferjan hóf sig á loft og sameinaðist geimfarinu á braut umhverfis tunglið. Geimfararnir þrír flugu síðan saman til jarðar og lentu í Kyrrahafinu þann 24. júlí eftir átta daga leiðangur. Geimfararnir voru strax eftir landinguna settir í þriggja vikna einangrun því sá möguleiki var fyrir hendi að þeir gætu borið framandi bakteríur til jarðar.

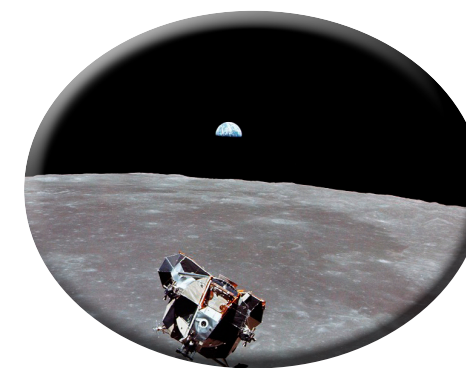
Eftir tvær tunglferðir til viðbótar voru vísindamenn loksins sannfærðir um að ekkert líf væri að finna á tunglinu og því engin nauðsyn á því að setja geimfara lengur í einangrun. Alls lentu tólf geimfarar á yfirborði tunglsins í sex leiðöngrum með Apolló geimförunum en engin manneskja hefur lent á tunglinu eftir að þeim lauk árið 1972. Í Apolló 13 leiðangrinum kom upp bilun í geimfarinu á leiðinni til tunglsins svo geimfararnir urðu að snúa við. Áhöfnin náði þó að komast heilu og höldnu aftur til jarðar.

Apollóleiðangrarnir höfðu ómetanlegt gildi fyrir rannsóknir á tunglinu. Meðal annars uppgötvuðu vísindamenn að tunglið hafði líklega orðið til eftir rísaárekstur þegar hnöttur á stærð við reikistjörnuna Mars rakst á jörðina. Við áreksturinn þeyttist mikið af efni út í geim sem síðar rann saman og myndaði tunglið.

### UMRÆÐUEFNI

Það er mjög dýrt að senda fólk út í geim en að sama skapi hafa verið gerðar ýmsar uppgötvanir í geimferðum. Á að halda áfram að senda fólk út í geim? Getur það skipt máli fyrir framtíð mannkyns? Hvað finnst þér?

Geimfararnir í Apolló 11 leiðangrinum lentu í útjaðri Hafs kyrrðarinnar sem er risastór hraunslétta á tunglinu. Haf kyrrðarinnar sést auðveldlega með berum augum sem dökkur blettur á tunglinu.



Hér sést tunglferjan snúa aftur til baka frá yfirborði tunglsins með tvo geimfara innanborðs. Myndin er tekin úr geimfarinu þar sem þriðji geimfarinn dvaldi allan tímann á braut umhverfis tunglið. Takið eftir jörðinni sem sést ofan við sjóndeildarhringinn.



## 1.3 Um einingakerfi og mælingar

Við vitum flest hvað við erum gömul, þung og há en þessar upplýsingar byggjast á mælingum á tíma, massa og lengd. Allar mælingar byggjast á samanburði við viðmiðunareiningar. Þegar Eydís segir að hún sé 15 ára merkir það að tíminn sem leið frá því að hún fæddist þangað til að hún átti síðast afmæli er 15 sinnum lengri en tíminn sem það tekur jörðina að fara í kringum sólu. Anna segir að hún sé 172 cm vegna þess að á málbandi eru 172 sentimetrar milli gólfsins og hvirfilsins á henni. Til að hægt sé að bera saman stærðir þarf nota sömu mælieiningar. Við vitum að Anna og Gunnar eru jafn há og þau eru 7 cm hærri en Eydís. Það er erfiðara að bera hæð þeirra saman við hæð Bjarna vegna þess að hún er gefin upp í fetum og þumlungum. Nú á dögum er hægt að reikna út hvað Bjarni er hár í metrum af því að eitt fet er 0,3048 m og einn þumlungur er 2,54 cm en fram til 1959 var lengdin á fetum og þumlungum mismunandi eftir svæðum og löndum. Getur þú reiknað út hvað Bjarni er hár?

Skiptir máli að allir noti sömu einingar? Bæði í viðskiptum og vísindum skiptir miklu máli að fólk geti skipst á nákvæmum upplýsingum um stærðir. Í gamla daga var mannslíkaminn oft notaður sem kvarði á lengd. Eitt fet var þá lengd á fæti frá hæl til tár og þumlungur var breidd þumalfingurs. Þetta er þægilegt vegna þess að mælitækin, fætur og þumalfingur, eru aðgengileg. Stóri gallinn við þessa kvarða er að fólk hefur mislanga fætur og misstóra fingur

sem olli vandræðum til dæmis þegar verið var að versla með efni eða land. Það voru farnar ýmsar leiðir til þess að komast fram hjá þessum vanda. Til dæmis var það gert með því að taka meðaltal af lengd á fótum margra eða miðað var við lengd fótar á stytta af konungi. Svona samræmingaræðgerðir voru mjög mismunandi á milli staða en auðvelduðu viðskipti á hverjum stað.

Fyrir upphaf frönsku byltingarinnar árið 1789 voru þar í landi notaðir fjölmargir mismunandi kvarðar fyrir lengd og massa en í kjölfar byltingarinnar var ákveðið að samræma einingarnar. Þá ákváðu Frakkar að nota lengd ákveðinnar málmsívalnings, viðmiðunarmetrans, sem undirstöðu lengdarmælinga og massa ákveðins málmsívalnings, viðmiðunarkílógramms, sem undirstöðu massamælinga. Lengd viðmiðunarmetra var ákvörðuð sem ákveðið hlutfall af stærð jarðar en massi málmsívalningsins út frá massa ákveðins rúmmáls af vatni. Árið 1960 var hætt að miða lengdarmælingar við viðmiðunarmetrann vegna þess að mælingar á tíma og ljósi voru orðnar svo nákvæmar að hægt var að skilgreina metrann sem þá vegalengd sem ljós ferðast í tómarúmi á örlytu broti,  $1/299.792.458$  úr sekúndu. Viðmiðunarkílógrammið er enn viðmiðun í massamælingum en núna þegar verið er að skrifa þessa bók er það í endurskoðun til þess að hægt sé að skilgreina kílógrammið þannig að ekki þurfi að miða við ákveðinn hlut.

Mannkynið hefur notað sól og tungl til að mæla tíma og útbúa tímatal. Sólarhringinn má skilgreina sem lengd tímans sem líður frá því að sól er í suðurátt þangað til hún er næst í suðurátt. Sólarhringnum er síðan skipt upp í 24 klukkustundir, klukkustundinni skipt í 60 mínútur og mínútunni í 60 sekúndur. Árið má skilgreina sem þann tíma sem líður frá því að sól er hæst á lofti þangað til hún er aftur hæst á lofti. Það eru kallaðar sumarsólstöður þegar sól er hæst á lofti. Ár og sólarhringur eru hins vegar ekki fullkomin viðmið fyrir tímamælingar. Með nákvæmum tímamælingum kemur nefnilega í ljós að sólarhringar eru ekki allir jafnlangir og árin eru líka mismöng. Allt fram til ársins 1967 voru tímamælingar miðaðar við sólina og þá miðað við meðallengd sólarhringa og ára. En vegna þess að tímamælingar með atómklukkum voru orðnar svo nákvæmar þá var það sama ár ákveðið að miða tímamælingar sekúndu við sveiflutíma geislunar sem sesínfrumeindin sendir frá sér.

Einingarnar metri, sekúnda og kílógramm eru grundvöllur metrakerfisins og svokallaðs SI-kerfis sem er kerfi mælieininga sem að mestu leyti er notað í vísindum.

### UMRÆÐUEFNI

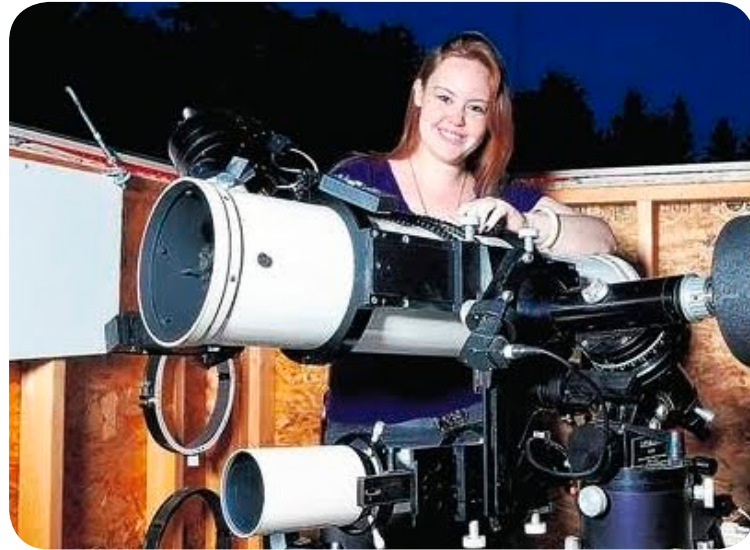
Sumar þjóðir nota aðrar mælieiningar en gert er hér á landi fyrir hitastig, lengd og þyngd. Finnið dæmi.



Gamli viðmiðunarmetrinn og viðmiðunarkílógrammið undir þreföldum glerhjúp. Stöngin og sívalningurinn eru úr málminum plátínu.



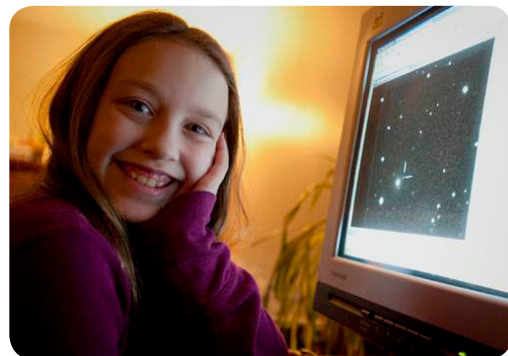
Þessi atómklukka er kölluð NIST-F1 og er í Boulder, Colorado. Hún byggir á geislun frá sesíni og er svo nákvæm að hún hún seinkar sér eða flýtir um minna en eina sekúndu á meira en 100 milljón árum.



Caroline Moore var 13 ára þegar hún uppgötvaði sprengistjörnu á mynd af fjarlægri vetrarbraut.

### Tvær stúlkur finna sprengistjörnur

Árið 2008 sá 13 ára stúlka frá Bandaríkjunum undarlegan ljósblett á mynd af fjarlægri vetrarbraut. Við nánari skoðun kom í ljós að ljósbletturinn var stjarna sem hafði sprungið og var stúlkan því yngsta manneskjan í sögunni til þess að uppgötva sprengistjörnu í annarri vetrarbraut. Þetta met stóð í tvö ár en þá fann 10 ára stúlka frá Kanada ásamt föður sínum sprengistjörnu í vetrarbraut í stjörnumerkinu Gíraffanum. Þar sem vetrarbrautin er í um 250 milljón ljósára fjarlægð var ljósið frá sprengingunni um 250 milljón ár á leið til jarðar. Stjarnan hefur því sprungið á svipuðum tíma og risaeðlurnar urðu áberandi hér á jörðinni en það tók ljósið allan þennan tíma að komast til jarðar.



Kathryn Grey var 10 ára þegar hún uppgötvaði sprengistjörnu.

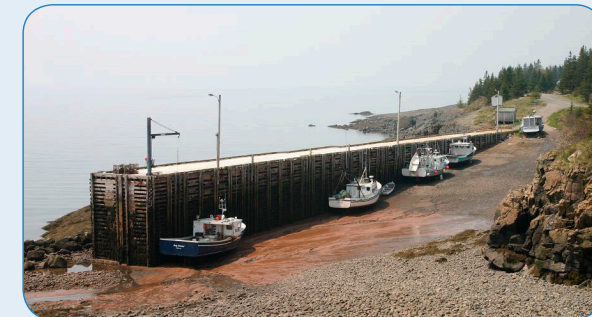
### Vísindamolar

Flest hús á Íslandi eru hituð með jarðhita. Sums staðar er heitu vatni dælt upp úr jörðinni en annars staðar er heit jarðgufa látin hita kalt vatn og það notað til upphitunar. Eðlisfræðin að baki jarðhitnum er mjög sniðug: Á jarðhitasvæðum er jörðin heitari en annars staðar. Með því að bora eftir heitu vatni eða gufu þá getum við flutt varmaorku úr jörðinni upp á yfirborðið þar sem við getum nýtt orkuna. Síðan er heitt vatn flutt inn í hús þar sem það lætur frá sér varmaorku og kólnar og hitar upp húsin.

Hluti af heita vatninu sem er notað til að hita upp hús í Reykjavík kemur úr borholum í Laugardalnum og nágrenni. Fyrir ofan borholurnar eru lítil hús umhverfis dælurnar sem dæla upp vatninu. Borholurnar sjálfar eru mörg hundruð metrar að dýpt og sú dýpsta nær þrjú kílómetra ofan í jörðina sem er meira en þrjú fjöll á stærð við Esjuna! Reynt er að hafa nýtinguna sjálfbæra og dæla ekki of miklu magni af vatni eða gufu upp úr jörðinni. Þannig gefur svæðið stöðugt frá sér sömu varmaorku og hún minnkar ekki með tímanum.



Borhola í Reykjavík.



Breytingarnar á hæð sjávar á milli flóðs og fjöru nefnast sjávarföll. Mesti munur á flóði og fjöru er við Fundyflóa í Kanada. Þar getur hæð yfirborðs sjávar sveiflast um allt að 17 metra en sveiflan getur mest orðið um 4 metrar við Ísland. Aðdráttarkraftar frá tungli og sólu hafa áhrif á sjávarföllin. Mestur munur er á milli flóðs og fjöru dagana eftir fullt tungl og nýtt tungl.

Fundyflói á fjöru.

### Vissir þú að

- ... hávaðinn á rokkónleikum getur náð 120 desibelum sem er mjög nálægt sársaukamörkum.
- ... kraftur sem kallast þyngdarkraftur heldur tunglinu á braut um jörðina.
- ... lækmar geta breytt lögun hornhimnu í auga einstaklings sem er nærsýnn með sérstakri leysitækni og lagað nærsýnina.
- ... þegar við hitum mat í örbylgjuofni erum við fyrst og fremst að snögghita vatnið í matnum.
- ... hægt er að setja örlítið raftæki, gangráð, í fólk sem þjáist af óreglulegum hjartslætti þannig að það getur lifað eðlilegu lífi. Raftækið tryggir eðlilegan hjartslátt.

## 1.4 Er hægt að sjá í gegnum hluti?



Heilskanni.



Röntgenmyndir úr heilskanna.



Á ferðalögum kemur eðlisfræðin víða við sögu. Ferðamenn sem ferðast með flugi milli landa þurfa að fara í gegnum öryggiseftirlit áður en þeir fara upp í flugvélnar sem flytja þá á áfangastað. Flestir sem hafa farið í gegnum öryggiseftirlit muna eftir því hvernig það fer fram. Allir farþegar þurfa að setja handfarangur sinn á færiband ásamt belti, skóm og öðrum lausum hlutum sem fara í gegnum tæki eins og sést á myndinni. Færri hafa velt fyrir sér þeirri eðlisfræði sem liggur að baki framleiðslu á slíku tæki. Þegar handfarangurinn fer inn í gegnumlýsingartækið eru háorkuröntgengeislar sendir í gegnum farangurinn. Síðan skráir nemi þær breytingar sem verða á stefnu geislanna eða á endurvarpi þeirra. Með þessari aðferð er hægt að skoða innihald farangursins með það í huga að finna ólöglega hluti eins og vopn.

Röntgengeislar eru ein tegund rafsegulbylgna. Aðrar rafsegulbylgjur eru t.d. útvarpsbylgjur, sýnilegt ljós og gammageislar. Þegar röntgengeislar ferðast í gegnum efni dofna þeir á leið sinni. Hve mikið þeir dofna fer aðallega eftir þéttni og eðlismassa efnisins og orku geislanna sjálfra. Þessi vitneskja er síðan notuð til að framleiða tæki t.d. til að

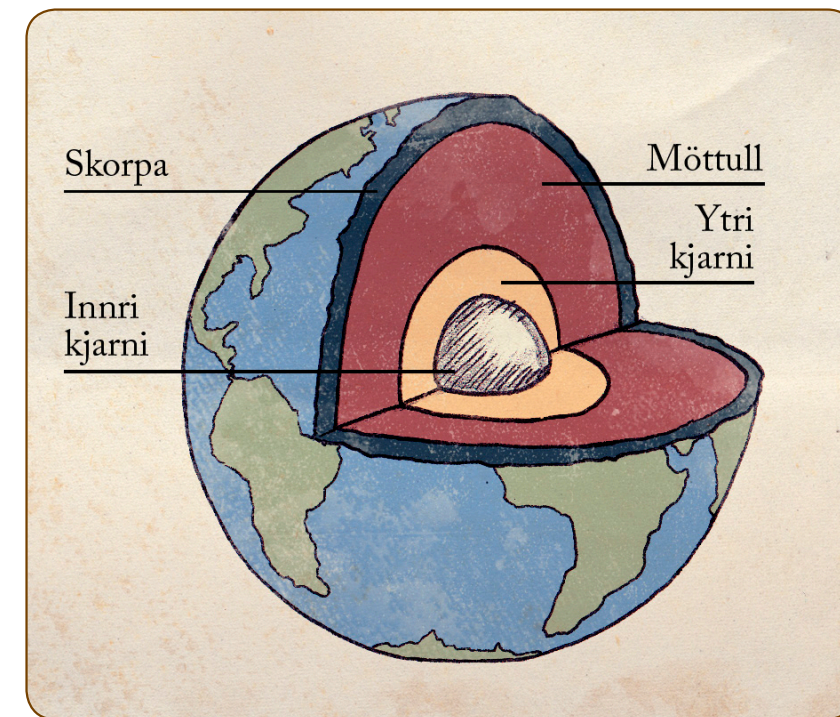
gegnumlýsa farangur, taka röntgenmyndir af líkamanum eða til að sjá í gegnum hluti.

Á sumum flugvöllum er notaður heilskanni sem byggist á þessari þekkingu. Heilskanninn sér í gegnum fót farþeganna á augabragði. Með honum er hægt að finna vopn og sprengjur sem gerðar eru úr efni sem aðrir skannar finna ekki.

Bylgjur koma einnig við sögu við rannsóknir á innri gerð jarðar. Þannig vitum við að jörðin er með harða jarðskorpu, seigan möttul og kjarna úr málm. Til þess að sjá þetta nýtum við okkur bylgjur sem myndast við jarðskjálfta. Þegar jarðskjálfti verður, losnar mikil orka úr læðingi og þá myndast tvær tegundir bylgna sem nefnast P- og S-bylgjur. Báðar tegundirnar ferðast í gegnum jörðina en haga sér mismunandi eftir efninu sem þær berast eftir. Með því að skoða ferðalag þessara bylgna er hægt að meta hvar mörk innri og ytri kjarna jarðar eru, hvar fast efni er að finna og hvar efnið er fljótandi.

### UMRÆÐUEFNI

Hverjir eru kostir og gallar þess að geta séð inn í og gegnum hluti?



Innri gerð jarðar.



## Vísindamoli

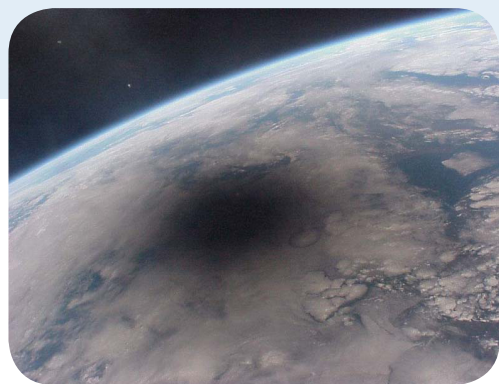


Hoba-loftsteinninn er úr járni og vegur um 66 tonn.

Stærsti loftsteinn sem fundist hefur nefnist Hoba-loftsteinninn eftir sveitabæ í Namibíu í suðurhluta Afríku. Áætlað er að hann vegi um 66 tonn sem er meira en 6 fullvaxnir Afríkufílar. Steinninn fannst fyrir tilviljun árið 1920 þegar bóndi var að plægja akur. Hann er svo þungur að ekki hefur verið gerð tilraun til þess að flytja hann frá þeim stað þar sem hann fannst. Á hverju ári koma mörg þúsund ferðamenn til þess að skoða loftsteininn.

### Vissir þú að

- ... flestar stjörnur sem við sjáum á himninum eru sólstjörnur eins og sólin okkar en samt af ýmsum stærðum og gerðum?
- ... í vetrarbrautinni okkar eru um 200–400 milljarðar sólstjarna.
- ... tunglmyrkvi sést frá allri næturhlið jarðar en sólmyrkvi sést aðeins frá litlu svæði á daghliðinni (sjá mynd).
- ... svartholið í miðju vetrarbrautar okkar hefur massa sem er yfir þrem milljón sinnum meiri en massi sólarinnar.



Geimfarar í rússnesku geimstöðinni MIR fylgdust með sólmyrkva utan úr geimnum árið 1999.



Hvernig auðvelda trjáklippur manni að klippa sundur sverar greinar?

Hvers vegna eru hjólbörur gagnlegar við að flytja þunga hluti?

Af hverju er auðveldara að ýta þungum hlut upp skáborð heldur en bera hann upp tröppur?

## 2 Kraftar og orka

### Efni kaflans

- 2.1 Kraftar – ósýnilegir en hafa áhrif.
- 2.2 Orka og mismunandi orkuform.
- 2.3 Einfaldar vélar.

### Markmið

Nemandi á að

- ... þekkja dæmi um nokkra áhugaverða krafta.
- ... þekkja áhrif sem kraftar geta haft.
- ... þekkja nokkur dæmi um mismunandi form orku.
- ... skilja hvernig einfaldar vélar koma að gagni.



Annie Mist Þórisdóttir  
lyftir lóðum.

## 2.1 Kraftar – ósýnilegir en hafa áhrif

Annie Mist þarf að beita kröftum til að lyfta lóðunum en við sjáum ekki þá krafta. Þegar hendurnar verka með nægjanlega miklum krafti á lóðin þá lyftast þau upp og það þarf líka að beita krafti til að halda þeim á lofti. Raunar beitum við kröftum alltaf þegar við hreyfum okkur þó sjaldan séu það jafn miklir kraftar og beita þarf í lyftingum. En kraftar eru að verki allt í kringum okkur og ekki bara þegar fólk beitir þeim meðvitað. Það verka kraftar á alla hluti og okkur sjálf. Hvort sem hlutir eru kyrrstæðir eða hreyfast þá er það vegna krafta. Þegar setið er í stól þá verkar sá sem á honum situr með krafti á stólinn og stóllinn verkar með krafti á þann sem situr í honum. Kraftar eru ósýnilegir en við getum hins vegar oft séð og stundum fundið fyrir áhrifum þeirra.

Orðið kraftur hefur nákvæmari merkingu í vísindum en í daglegu tali og þess vegna þarf að vanda sig þegar orðið er notað á vísindalegan hátt. Stundum er sagt að það sé „kraftur í einhverju“ og að einhver „sé kraftmikill“. Vissulega hafa sumir vöðva sem gera þeim kleift að beita miklum kröftum og til eru tæki og vélar sem geta verkað með miklum krafti á aðra hluti. Í vísindum má hins vegar ekki segja að kraftur sé í hlutum eða fólki. Þegar orðið kraftur er notað með vísindalegum hætti þá er sagt að kraftur **verki** á hlut og að einn hlutur **verki** með **krafti** á annan hlut.

### VERKLEG ATHUGUN

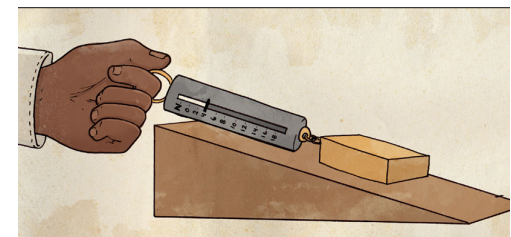
Hægt er að finna fyrir krafti frá hlut sem liggur kyrr. Náðu í þykka bók. Leggðu aðra höndina flata á borð og síðan bókina ofan á hana. Láttu bókina liggja þar kyrra í smá stund og beindu athygli þinni að því sem þú finnur fyrir með hendinni. Taktu eftir því hvernig bókinn ýtir ofan á hana. Það sem þú finnur fyrir er kraftur sem bókinn ýtir á höndina með. Taktu líka eftir því að borðið ýtir upp undir höndina. Þar finnur þú fyrir krafti sem borðið verkar með á höndina. Þú finnur fyrir þessum kröftum en þú sérð þá ekki. Maður getur fundið fyrir kröftum sem verka á mann sjálfan. Hvorki borðið né bókinn hreyfast en samt verka báðir þessir hlutir með krafti á höndina. Þetta sýnir okkur að hlutir geta verkað með krafti á aðra hluti án þess að þeir hreyfist.



Örvarnar tákna krafta sem verka á höndina.

### UMRÆÐUEFNI

Taktu nú höndina undan bókinni en láttu bókina liggja áfram á borðinu. Verkar ennþá kraftur frá bókinni niður á við? Á hvaða hlut verkar sá kraftur? Hvað með kraft frá borðinu; er hann enn til staðar og á hvað verkar hann?



Einfaldur kraftmælir.

### Mælingar krafta og einingin Njúton

Það getur verið erfitt að mæla krafta. Í einföldustu tilfellum má nota kraftmæli sem búinn er til úr gormi. Því meiri sem krafturinn er því meira togast gormurinn í sundur. Kvarði við gorminn sýnir svo styrk togkraftsins. Einnig eru til tölvutengdir kraftmælar sem nota má til að mæla krafta sem breytast skyndilega, til dæmis við árekstur tveggja hluta á ferð.

Stærð krafta er gefin upp í einingunni njúton og er þá táknuð með N. Til þess að átta sig á því hvað einingin njúton er stór má miða við að það þarf 10 N kraft til að lyfta upp einum lítra af mjólk og 100 N kraft til að lyfta 10 kg hlut.

### Áhrif krafta

Kraftar hafa margvísleg áhrif og við skulum skoða nokkur dæmi um þau. Þeir geta haft áhrif á það hvernig hlutir hreyfast og einnig hvernig þeir eru í laginu. Þegar bókinn lá ofan á hendinni á þér fannstu fyrir kröftunum frá bókinni og frá borðinu á höndina. Í fæstum tilfellum finnur maður beint fyrir áhrifum krafta en hins vegar sjáum við oft þau áhrif sem þeir hafa. Hér á eftir koma nokkrar myndir sem sýna áhrif krafta og það sem þeir geta gert. Í þessum dæmum sjáum við krafta valda því að hlutur fer af stað, stoppar eða breytir um stefnu. Við sjáum líka dæmi um að kraftar hafa áhrif á það hvernig hlutir eru í laginu og hvernig lögun þeirra breytist.



### Kraftar koma hlutum á hreyfingu

Kraftar geta látið hluti hreyfast úr stað og þegar spjóti er kastað, þá er það kraftur frá hendinni sem verkar á spjótið og ýtir því af stað.



### Kraftar stöðva hreyfingu hluta

Kraftar geta líka stöðvað hreyfingu hluta. Þegar barnið grípur boltann þá verkar kraftur frá barninu á boltann. Sá kraftur ýtir á móti hreyfingu boltans og stöðvar hann.



### Kraftur breytir hreyfistefnu hlutar

Kraftar geta breytt stefnu hluta og þegar markvörður í fótbolta kílir boltann frá marki er það kraftur frá hendinni á boltann sem breytir stefnu hans.

### Kraftar hita hlut

Hægt er að kveikja eld með því að nudda saman viðarbútum. Þegar það er gert eru það núningskraftar sem verka á milli viðarbútanna sem valda því að þeir hitna svo mikið að það kviknar í þeim.



### Kraftar breyta lögun hluta

Þegar blaðra er kreist eru það kraftar frá höndunum sem virka á blöðruna og breyta lögun hennar.

### Kraftar halda efnunum saman

Samloðunarkraftar í vatni valda því að vatnsdroparnir haldast saman en detta ekki sundur í marga smærri dropa. Þetta eru aðdráttarkraftar á milli sameinda vatnsins.



## VERKEFNI

Við sjáum oft í umhverfi okkar áhrif sem kraftar hafa. Geturðu nefnt dæmi um:

- ... hluti sem fara að hreyfast eftir að hafa verið kyrrstæðir?
- ... hluti sem stöðvast eftir að hafa verið á hreyfingu?
- ... hluti sem breyta um stefnu?

Hvaða kraftar valda þessum breytingum á hreyfingu hlutanna?

## Dæmi um mismunandi krafta

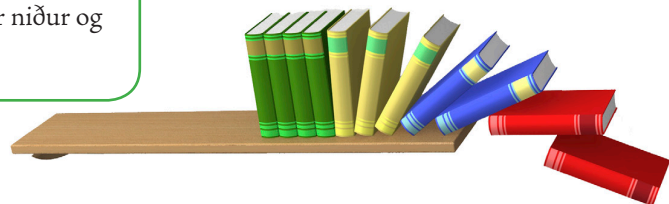
Við höfum skoðað dæmi um þau áhrif sem kraftar geta haft. Nú skulum við í framhaldi af því skoða nokkur dæmi um mismunandi krafta.

**Vöðvakraftar:** Við getum notað líkamann til að beita kröftum. Við lyftum, ýtum, togum og grípum. Allir þessir mismunandi kraftar líkamans byggjast á togkröftum vöðvanna. Þeir eru gerðir úr vöðvaþráðum sem geta dregist saman og við það myndast togkraftar. Togkraftur í „þríhöfðavöðvanum“ veldur krafti sem verkar á beinið. Beinið flytur síðan kraftinn fram í höndina sem verkar með krafti á lóðið sem lyftist.



**Kraftar frá vélum:** Margt konar vélar byggjast á því að hlutar þeirra geti hreyfst og verkað með krafti á aðra hluti. Dæmi um þetta eru bílvélar og rafmótorar. Þegar rafmagnsþeytari er notaður til að þeyta egg snýr rafmótor spöðunum og spaðarnir verka með krafti á eggjið.

**Þyngdarkraftar jarðar:** Jörðin togar með þyngdarkrafti í alla hluti sem eru nálægt henni. Þessi kraftur verkar í átt að miðju jarðar og veldur því að hlutir detta. Bækurnar eru stöðugar á hillunni ef krafturinn frá hillunni vegur upp þyngdarkraft jarðar. Þær bækur sem hillan styður ekki við detta vegna þess að þyngdarkrafturinn togar þær niður og enginn annar kraftur vegur þar á móti.



**Núningskraftar:** Þegar hlutir nuddast saman verkar á milli þeirra kraftur sem leitast við að draga úr hreyfingu þeirra. Þessi kraftur milli hlutanna kallast núningskraftur. Bremsurnar á reiðhjólínu virka þannig að gúmmípúðar þrýstast upp að gjörð hjólsins. Núningskraftar milli gjarðarinnar og gúmmípúðanna hægja síðan á hreyfingu hjólsins.

**Rafkraftar:** Ýmsir hlutir geta orðið rafmagnaðir og milli rafmagnaðra hluta verka rafkraftar. Á myndinni hafa blöðurnar verið rafmagnaðar með því að nudda þær með ull. Rafkraftar frá blöðrunum rafmagna síðan hárið. Við sjáum áhrif aðdráttarkrafta á milli blaðranna og hársins. Takið eftir að rafkraftarnir verka án snertingar á milli blaðranna og hársins.



**Segulkraftar:** Sumir hlutir eru segulmagnaðir. Segulmagnaðir hlutir verka með krafti á aðra segulmagnaða hluti og einnig á hluti úr ákveðnum efnum, ekki síst járni. Á myndinni sést að segullinn dregur til sín hluti úr járni.

**Fjaðurkraftar:** Ýmsir hlutir hafa tilhneigingu til að halda lögum sinni. Gormar og svampar eru dæmi um þetta. Ef lögur þess konar hluta er breytt þá verka þeir með krafti vegna tilhneingar sinnar til að ná upprunalegri lögum. Dæmi um þetta er kraftur sem verkar á ör. Boginn hefur tilhneigingu til að rétta úr sér þegar hann er sveigður. Þess vegna verkar hann með togkrafti á bogastrenginn þegar hann er spenntur og strengurinn verkar þá með krafti á örina þegar honum er sleppt.



Nefndu dæmi um krafta sem þú þekkir af eigin raun.  
Hvernig birtast áhrif þeirra?

## Kraftar með eða án snertingar

Þegar við ætlum að hreyfa hlut þá þurfum við að koma við hann, ýta á hann eða toga í hann. Tveir seglar geta hins vegar ýtt hvor á móti öðrum án þess að snertast. Af þessu sjáum við að sumir kraftar geta verkað á milli hluta án þess að hlutirnir snertist en aðrir kraftar verka einungis milli hluta sem snertast.

Ákveðnir kraftar geta verkað á milli hluta án þess að hlutirnir snertist. Dæmi um slíka krafta eru þyngdarkraftar, rafkraftar og segulkraftar.



Fjöldmörg dæmi eru um krafta sem verka við snertingu, svo sem þegar sparkað er í bolta, haldið er á barni, bogi er spenntur, hlutir nuddast saman, regndropi lendir á rúðu eða þegar bílar lenda í árekstri. Á myndinni sést hve sterkir kraftar geta verkað milli bíla sem rekast á.

Rafmagnaðir hlutir geta verkað með rafkrafti hver á annan án þess að snertast. Myndin sýnir slíka krafta verka án snertingar á milli rafhleðslna í greiðu og rafhleðslna í vatni. Þessi áhrif valda því að vatnið beygir af leið.



Tveir seglar geta togað hvor í annan eða ýtt hvor öðrum frá sér án þess að snertast. Til þess að þetta gerist þurfa seglarnir að vera nægjanlega nálægt hvor öðrum. Listaverkið „Í lausu lofti“ (Suspension) eftir Bruce Gray sýnir á skemmtilegan hátt hvernig seglar toga hver í annan án þess að snertast.



### UMRÆÐUEFNI

Hefur þú séð dæmi um krafta sem verka án snertingar?  
Á milli hvaða hluta verkuðu þeir kraftar?

## Aðdráttarkraftar og fráhrindikraftar

Við notum orðið **aðdráttarkraftur** þegar hlutir toga hver í annan en orðið **fráhrindikraftur** þegar hlutir ýta hver öðrum frá sér.

Sumir kraftar verka á milli hluta þannig að hlutirnir hafa tilhneigingu til að dragast hvor að öðrum eða annar sveigir í átt til hins. Slíkir kraftar eru nefndir aðdráttarkraftar. Einfaldasta dæmið um slíkt er þegar maður dregur hlut í áttina til sín. Þyngdarkraftar eru alltaf aðdráttarkraftar og við þekkjum vel að ef hlut er hent út í loftið þá leitar hann að lokum í átt til jarðar. Á myndinni hér að framan sést hvernig vatnsbuna sveigir í átt að rafhlaðinni greiðu. Við þær aðstæður verka rafkraftarnir sem aðdráttarkraftar. Það er hins vegar ekki alltaf svo. Rafkraftar geta einnig verkað sem fráhrindikraftar.

Fráhrindikraftar milli hluta valda því að hlutirnir hafa tilhneigingu til að fjarlægjast eða sveigja hvor frá öðrum. Einfalt dæmi um þetta er þegar maður ýtir einhverju frá sér. Rafkraftar og segulkraftar geta bæði verði aðdráttarkraftar og fráhrindikraftar.

## Meira um þyngdarkrafta

Við verðum öll áþreifanlega vör við áhrif þyngdarkrafts frá jörðinni en án hans svifum við um í lausu lofti. Án þyngdarkraftsins væri raunar ekkert andrúmsloft í kringum jörðina. Við yfirborð tunglsins verkar einnig þyngdarkraftur en þar er hann mun minni vegna þess að tunglið hefur miklu minni massa en jörðin.

En það eru ekki bara jörðin og tunglið sem valda þyngdarkrafti. Allir hlutir sem hafa massa dragast með aðdráttarkrafti að öllum öðrum hlutum með massa. Því meiri sem massi hlutanna er þeim mun meiri verður krafturinn. Þessa aðdráttarkrafta köllum við þyngdarkrafta. Þetta þýðir að þyngdarkraftar verka á milli allra hluta í kringum okkur. Þessir kraftar eru flestallir svo kraftlitlir að þeir hafa engin áhrif. Þyngdarkrafturinn á milli tveggja manneskja sem mætast á gangstétt er svo lítill að hann hefur engin áhrif á hreyfingu fólksins.

Jörðin er það eina sem hefur nægan massa til þess að valda þyngdarkrafti sem við getum fundið fyrir. Það er þyngdarkrafturinn milli jarðarinnar og annarra hluta sem veldur því að hlutir svífa ekki um í lausu lofti heldur detta;

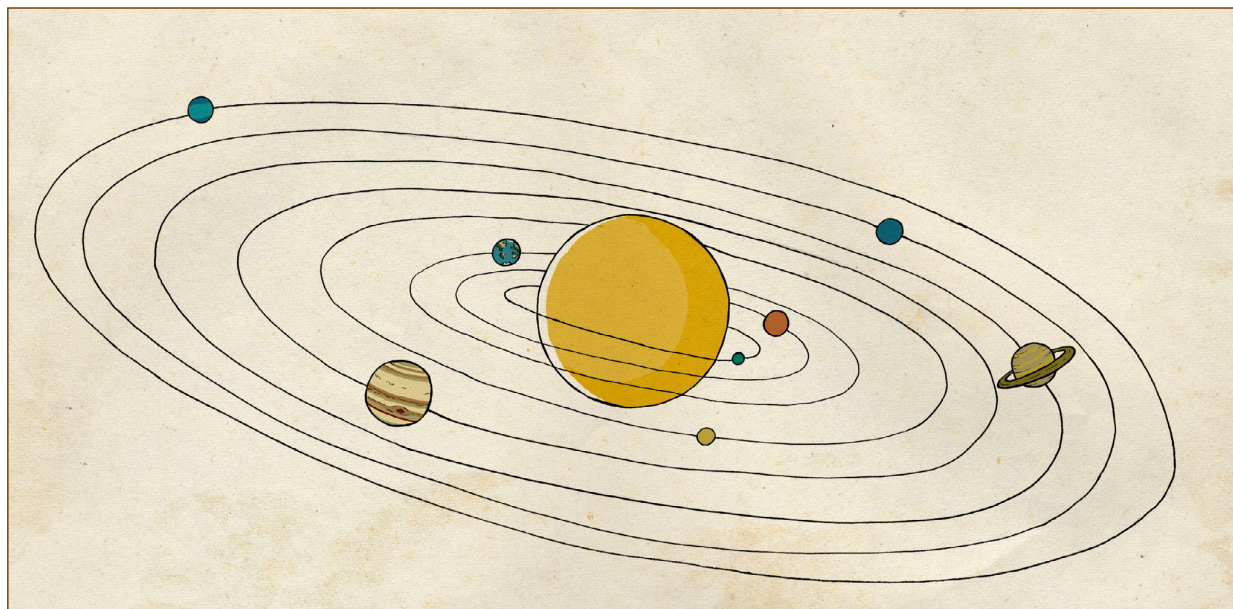
### UMRÆÐUEFNI

Nefndu dæmi um tilvik þegar þú hefur beitt annars vegar fráhrindikrafti og hins vegar aðdráttarkrafti.



Aðdráttarkraftur verkar milli stráksins og jarðarinnar. Þess vegna getur hann ekki svífið í lausu lofti heldur mun væntanlega detta með skvampi í vatnið.

Þyngdarkraftar milli okkar og jarðar halda okkur við jörðina. Í stærra samhengi er það fleira en jörðin sem hefur nægjanlegan massa til að hafa áhrif með þyngdarkröftum. Þyngdarkraftar milli tunglsins og hafsins valda til dæmis sjávarföllum við strendur landa. Sólin hefur mestan massa alls í sólkerfinu og þyngdarkraftar milli hennar og reikistjarnanna halda sólkerfinu saman.



Eins og rafkraftar og segulkraftar þá geta þyngdarkraftar verkað á milli hluta án þess að þeir snertist. Þyngdarkraftar eru hins vegar öðruvísi að því leyti að þeir eru alltaf aðdráttarkraftar. Hins vegar geta bæði rafkraftar og segulkraftar eftir aðstæðum verkað sem aðdráttar- eða fráhrindikraftar.

#### UMRÆÐUEFNI

Hvað væri öðruvísi hjá okkur á jörðinni ef þyngdarkraftar væru talsvert veikari en þeir eru? Hvað yrði öðruvísi ef þyngdarkraftarnir væru sterkari?

## Meira um núningskrafta

### VERKLEG ATHUGUN

Taktu bók og leggðu á borð. Ýttu nú á bókina, í byrjun svo laust að hún hreyfist ekki og auku síðan kraftinn þangað til bókin rennur af stað; ýttu henni þá stutta vegalengd.

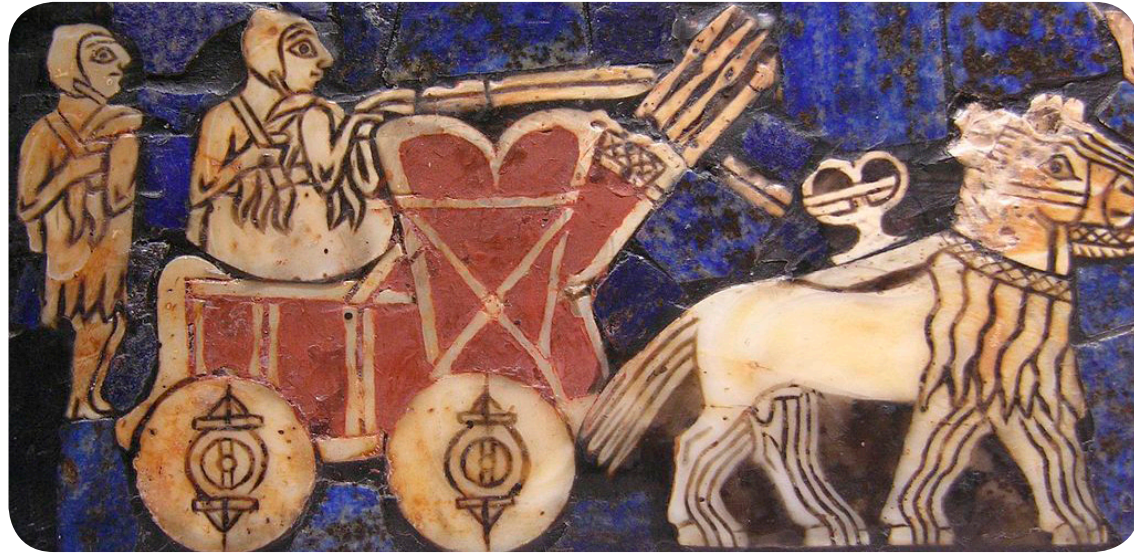
Bókin rennur ekki af stað um leið og þú ýtir á hana vegna þess að það verkar jafnstór núningskraftur á hana sem vegur upp kraftinn sem þú beitir. Þegar þú ýtir fastar á bókina vex núningskrafturinn jafn mikið svo bókin hreyfist ekki úr stað. Núningskrafturinn getur hins vegar ekki vaxið nema upp að ákveðnu marki og þegar þú ýtir með enn meiri krafti þá rennur bókin af stað. Hún rennur síðan áfram á meðan þú ýtir á hana en stöðvast mjög fljótlega eftir að þú hættir að ýta. Það verkar nefnilega núningskraftur á bókina frá borðinu meðan hún rennur og sá kraftur stöðvar hana þegar krafturinn frá þér hættir að vega upp á móti núningskraftinum.

**Sýndartilraun:** Smelltu á slóðina

<http://phet.colorado.edu/en/simulation/forces-1d>  
og fylgdu leiðbeiningunum þar og veldu „Run Now“.

Núningskraftar af þessum toga verka á milli allra hluta sem snertast og nuddast saman. Þannig kraftar vinna á móti hreyfingu og vegna áhrifa þeirra eru flestir hlutir í umhverfi okkar kyrrir.





Hestvagn í Mið-Austurlöndum fyrir rúmlega 4500 árum. Þessi mynd er hluti af grafskreytingu konungsins Ur\_Pabilsag. Takið eftir hjólunum. Um 1000 árum áður en myndin var gerð varð fólk á þessum slóðum fyrst til að nota hjól.

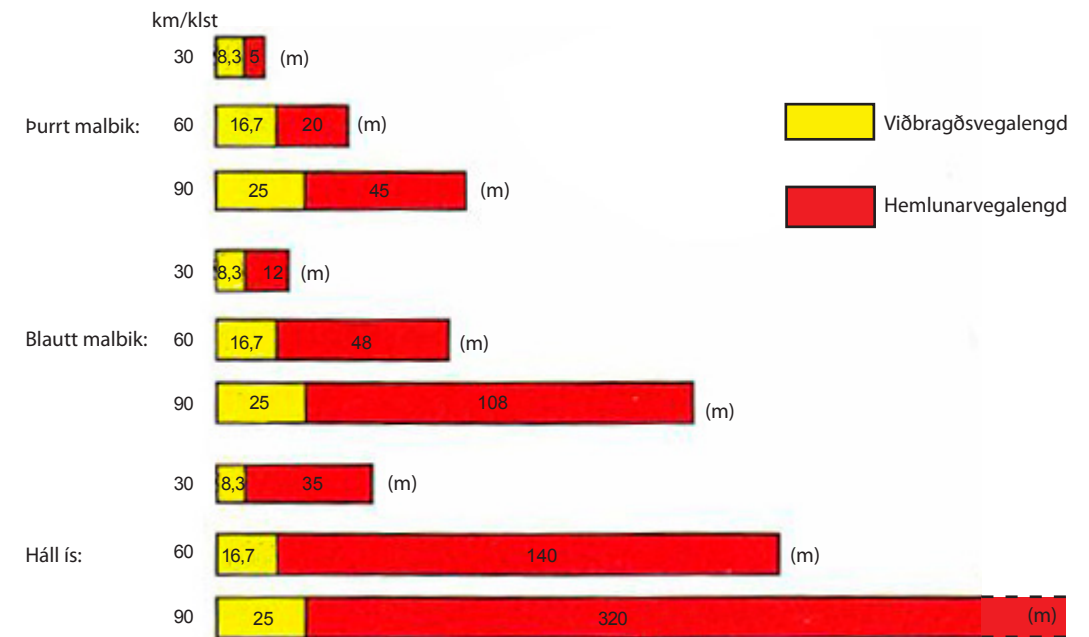
Núningskraftar hafa mótað samfélög fólks. Samgöngur snúast fyrst og fremst um það að reyna að gera áhrif núningskrafta eins lítil og mögulegt er. Uppgötvun á hjólinu og eiginleikum þess er talin ein af stóru tæknibyltingunum. Fyrir á tímum þegar ekki var til öflugt kerfi af þjóðvegum og járnbrautum, var mun hagkvæmara að flytja vörur með skipum vegna þess að núningskraftur verkar mun minna á þau en farartæki á landi. Þess vegna voru höf og ár helstu samgönguleiðir. Höf og ár sameinuðu þannig landsvæði, borgir mynduðust þar sem skip gátu gengið og heilu menningarsvæðin mynduðust við strendur sem lágu að sameiginlegum hafsvæðum. Þetta á til dæmis við um forngríska menningarsvæðið í kringum Miðjarðarhaf og um áhrifasvæði Norðurlandabúa á víkingaöld. Þannig hafa núningskraftar haft áhrif á sögu mannkynsins.

### UMRÆÐUEFNI

Nefndu borgir í Evrópu sem liggja við skipengar ár. Nauðsynlegt er að hafa landakort við höndina til að finna dæmi um slíkar borgir.

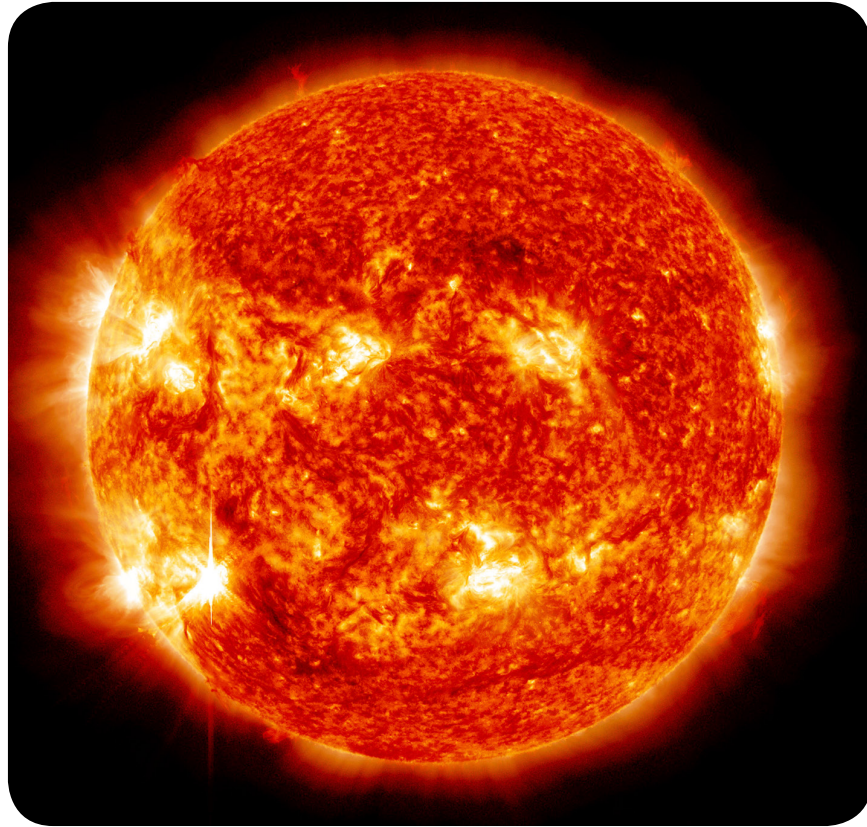
Þegar maður ekur bíl er hreyfing bílsins alltaf að breytast. Bíllinn fer af stað, hraðinn eykst og minnkar, bíllinn breytir um stefnu og stöðvast. Hvaða kraftar ætli það séu sem breyta hreyfingu bílsins? Hvað verkar með þeim krafti á bílinn?

Það eru núningskraftar frá veginum á dekk bílsins sem ýta honum af stað, stöðva hann og láta hann beygja. Þess vegna skipta núningskraftar miklu máli fyrir umferðaröryggi. Ástand vega og dekkja hafa áhrif á þessa krafta. Hálka, bleyta eða léleg dekk valda því að þeir verða veikir og þá verður mun erfiðara að stjórna bílnum. Sú vegalengd sem fer í að stöðva bíl fer eftir núningskröftum og hraða bílsins. Þessi vegalengd skiptist í tvo hluta, annars vegar þá vegalengd sem bíllinn fer á meðan ökumaðurinn bregst við og hins vegar þá vegalengd sem bíllinn fer eftir að búíð er að stíga á bremsuna og núningskraftarnir stöðva bílinn.



### VERKEFNI/UMRÆÐUR

1. Nefndu að minnsta kosti þrjú atriði sem einkenna krafta.
2. Nefndu að minnsta kosti þrenns konar áhrif sem kraftar geta haft og dæmi um þau.
3. Vinnið tvö og tvö saman. Skrifid stutta sögu eða yrkið ljóð þar sem ákveðinn kraftur og áhrif hans koma fyrir. Sagan þarf ekki að vera löng, 5 til 10 mínur og ljóðið svipað.



## 2.2 Orka og mismunandi orkuform

Orka er eitt af mikilvægustu viðfangsefnum eðlisfræðinnar. Mest af þeirri orku sem mannkynið notar er með einum eða öðrum hætti komið frá sólinni. Orkan flæðir frá sólu til jarðar og veldur því að gróður vex, líf dafnar og hún knýr áfram veðrakerfi, bæði vinda og úrkomu. Miklum fjármunum er varið í að kaupa orku, hvort sem um er að ræða einstaklinga eða fyrirtæki. Matur er lífsnauðsynlegur orkugjafi fyrir líkamann, bensín og olía eru orkugjafar fyrir bíla, skip og flugvélar.

Víðast hvar á Íslandi fáum við nú á dögum orku til að hita hús frá heitu vatni úr jörðinni. Í gamla daga fékkst sú orka oft með því að brenna mó en það eru samanpressaðar jurtaleifar. Í dag er einnig unnin orka úr vatnsföllum og henni breytt í raforku, flutt langar leiðir með háspennulínunum og notuð til að lýsa upp húsnæði og knýja hin ýmsu raftæki. Hér á landi er mestur hluti raforkunnar notaður í orkufrekum iðnaði svo sem til að breyta súráli í ál. Orka skiptir svona miklu máli í mannlegu samfélagi vegna þess að allt sem gert er krefst orku. Jafnvel það að hugsa krefst orku en heilinn notar álíka mikla orku og dæmigerð ljósapera.

### UMRÆÐUEFNI

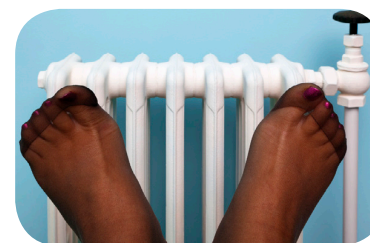
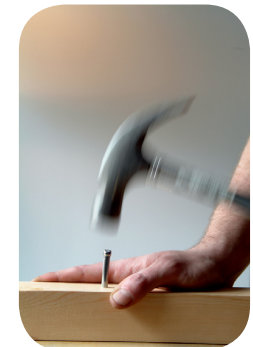
Farið yfir venjulegan dag í huganum og veltið því fyrir ykkur hvað af því sem þið gerið krefst lítillar eða engrar orku.

Af upptalningunni hér að framan sést að orka getur birst í mjög ólíkum formum við mismunandi aðstæður. Maður getur raunar velt fyrir sér af hverju það er skynsamlegt að nota hugtakið orka í tengslum við allar þessar ólíku aðstæður. Ástæðan fyrir því er sú að hægt er að breyta formi orkunnar og að orka á einu formi getur oft komið í stað orku á einhverju öðru formi. Við skulum skoða nokkur dæmi. Fyrst skulum við hugsa um kerti sem kveikt er á. Við vitum að kertid minnkar en í staðinn kemur ljós, hiti og ýmsar lofttegundir sem ekki sjást. Í ljósinu frá kertinu er orka og enn meiri orka í hitanum en hana köllum við varmaorku. Þessi orka kemur úr efnaorku í kertinu en hún minnkar við brunann. Annað dæmi um umbreytingu orku er að nota má raforku til að framleiða vetni úr vatni. Vetni má síðan nota sem eldsneyti á bíla. Þriðja dæmið snýst um það hvernig orka sem er í heitu vatni getur að vissu marki komið í staðinn fyrir orkuna sem við fáum úr mat. Sú orka fer að stórum hluta í að halda líkamanum heitum. Þess vegna þarf fólk í mjög köldu umhverfi að borða meiri og orkuríkari mat en það fólk sem dvelst í hlýrra umhverfi.

### Mismunandi orkuform

Orka hlutar getur tekið á sig mörg mismunandi form og nú skulum við skoða þessi form.

**Hreyfiorka:** Hlutur sem hreyfist hefur í sér orku vegna hreyfingarinnar. Dæmi um þetta er að hamar sem lendir á nagla. Hann hefur orku til að ýta naglanum inn í spýtuna vegna þess að hamarinn var á hreyfingu þegar hann lenti á naglanum. Hreyfiorka hlutar er því meiri sem hraði og massi hlutarins er meiri. Það er til formúla til að reikna hreyfiorku hlutar; hún er svona:  $E_{hr} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ . Hér táknar  $m$  massa hlutarins og  $v$  hraða hans.



**Varmaorka:** Hlutir hafa í sér varmaorku og hún er því meiri sem hitastig hlutarins er hærra. Dæmi um varmaorku er orkan sem kemur frá heitum ofni. Varmaorka er í raun hreyfiorka sameindanna sem hluturinn er samsettur úr.

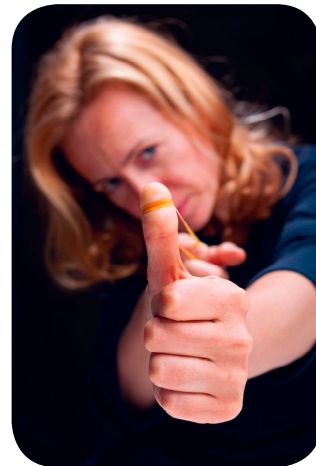




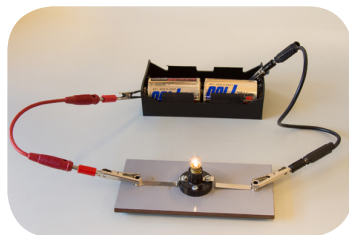
**Orka** getur falist í því hvar hlutir eru staðsettir í afstöðu hver til annars eða hvernig hlutir eru í laginu. Slíkt er kallað **stöðuorka**. Stöðuorka er flokkuð í ýmsa undirflokkka:

**Þyngdarstöðuorka:** Hlutur við yfirborð jarðar hefur orku vegna staðsetningar sinnar miðað við jörðina. Eftir því sem hluturinn er hærra uppi og massi hans meiri hefur hluturinn meiri þyngdarstöðuorku. Þegar barn hoppar á trampólíni er þyngdarstöðuorka barnsins mest þegar það er í efstu stöðu.

**Fjaðurstöðuorka:** Hlutir sem fjaðra, eins og teygjur, svampar, gormar, bogar, uppblásnir boltar og blöðrur hafa í sér orku vegna fjöðrunarinnar. Það er eiginleiki þessara hluta að leita í ákveðna lögun. Sem dæmi þá vex fjaðurstöðuorka teygju þegar togað er í hana.



**Raforka.** Það felst orka í því hvernig rafhleðslur eru staðsettar hver miðað við aðra. Í rafrás með rafhlöðu og ljósaperu ferðast rafeindir eftir vír. Rafeindirnar hafa orku og hún minnkar þegar þær fara í gegnum ljósaperuna. Orka rafeindanna breytist að hluta í ljós og hita í ljósaperunni.

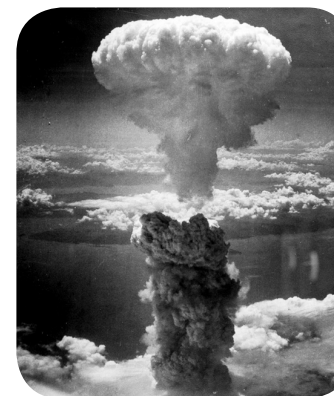


**Efnaorka:** Í sameindum efna felst orka sem getur losnað við efnahvörf. Þessi orka er í raun rafstöðuorka rafhleðsla í sameindum. Dæmi um efnaorku er orkan sem fæst úr matvælum, orka sem bílar fá úr eldsneyti og orkan sem er í hita og ljósi sem kemur frá kertaloga.



**Orka í hljóði:** Hljóð ber með sér orku. Á myndinni til hliðar er listaverk eftir Finnboga Pétursson þar sem hann lætur hljóð frá hangandi hátalara hreyfa yfirborð vatns. Við það myndast mynstrið sem sést á myndinni.

**Orka í ljósi og annarri rafsegulgeislun:** Ljós er sýnileg rafsegulgeislun og ber með sér orku eins og önnur rafsegulgeislun. Hægt er að finna fyrir áhrifum þessarar orku úti í sólskinu, því þá hitnar húðin. Orkan frá sólinni er ekki bara í sýnilega ljósinu heldur einnig í innrauðri og útfjólublárrí geislun. Útfjólublá geislun getur valdið sólbruna og jafnvel húðkrabbameini, vegna þess að hún er orkumeiri. Þess vegna er mikilvægt að verjast útfjólubláu geisluninni með því að nota sólarvörn.



**Kjarnorka:** Kjarnar frumeinda eru gerðir úr róteindum og nifteindum og milli þessara öreinda verka afar sterkir kraftar. Í sumum tilfellum getur losnað gríðarleg orka þegar kjarnar frumeinda breytast. Slíkt á sér stað inni í sólinni, í kjarnorkuverum og í kjarnorkusprengingum.

### UMRÆÐUEFNI

Hvaða orkuform koma við sögu í lífi þínu, til dæmis þegar þú ert á leið í skólann, stundar íþróttir, eða þegar þú situr og spjallar við fjölskylduna?



## Lögmálið um varðveislu orkunnar

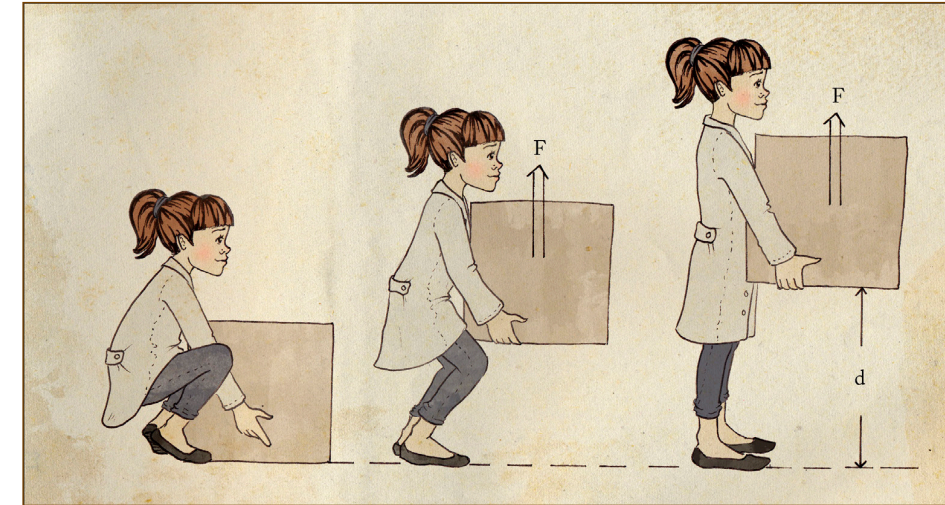
Margs konar orkubreytingar eru mögulegar. Orka getur færst á milli staða til dæmis með geislun frá sólinni til jarðar. Orka getur einnig færst frá einum hlut til annars eins og frá fæti yfir í fótbolta þegar sparkað er í boltann. Form orkunnar getur einnig breyst eins og þegar efnaorka breytist í varmaorku við bruna.

Þrátt fyrir allar þessar mögulegu breytingar á orku þá breytist ekki heildarorkan í veröldinni. Það er ekki hægt að búa til orku og heldur ekki að eyða orku. Þessi staðreynd er eitt af mikilvægustu lögmálum eðlisfræðinnar og er það kallað **lögmálið um varðveislu orkunnar**.

Stundum er sagt að það sé verið að eyða orku. Orka getur ekki eyðst en átt er við að orkan breytist úr tilteknu formi þar sem auðvelt er að nota hana í eitthvert annað form sem ekki er auðnýtanlegt. Til dæmis er orkusóun fólgin í því að hafa kveikt á ljósum og raftækjum þegar ekki er verið að nota þau. Heildarorkan breytist ekki við þetta en raforkan breytist í varmaorku. Raforkan er almennt auðnýtanleg og kostar peninga en varmaorka sem felst í örlítilli hitastigshækkun heima hjá manni er lítills virði.

## Orka, kraftar og vinna

Þegar kassa er lyft vex þyngdarstöðuorka hans. Orkan kemur frá þeim sem lyftir kassanum þegar hann beitir á hann krafti. Reikna má út hve mikil þessi orka er með því að margfalda saman kraftinn sem þarf að beita og þá vegalengd sem kassinn lyftist um.



Til þess að fjalla um þær orkubreytingar sem kraftur veldur er í eðlisfræði notað hugtakið **vinna**. Vinna er hugtak sem notað er í daglegu lífi en í eðlisfræði hefur það allt aðra merkingu. Í eðlisfræði er framkvæmd vinna þegar hlutur er færður um ákveðna vegalengd með tilteknum krafti. Ef krafturinn er í þá stefnu sem hluturinn hreyfist má skilgreina vinnu á eftirfarandi hátt:

**vinna = kraftur-vegalengd**

$$W = F \cdot d$$

**W** er táknið fyrir vinnu,

**F** fyrir kraft og

**d** fyrir vegalengd.

Eins og áður hefur komið fram er kraftur mældur í njútonum (N) í SI-einingakerfinu og grunneiningin fyrir vegalengd er metri (m). Vinna er því skilgreind sem einingin njúton margfölduð með vegalengdinni í metrum. Einingunni Nm hefur síðan verið gefið nýtt heiti júl, J. Vinna er því mæld í júlum (J) eins og orka, enda eru þessi hugtök náskyld. Þegar við framkvæmum vinnu á hlut þá breytum við orku hans.

Tökum dæmi. Ef kassi er 10 kg þá þarf 100 N kraft til að lyfta honum upp um 1 m. Vinnan sem krafturinn framkvæmir er  $100 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} = 100 \text{ Nm} = 100 \text{ J}$ . Þyngdarstöðuorka kassans vex um 100 J en sá sem lyftir kassanum hefur tapað 100 J og einhverri orku til viðbótar í varma vegna erfiðisins við að lyfta honum. Hvað ætli þurfi mikla orku til að lyfta kassanum um 2 m?

## •• VERKEFNI/UMRÆÐUR ••

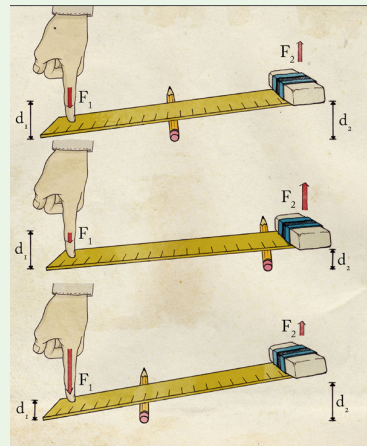
1. Nefndu og útskýrðu að minnsta kosti fjögur orkuform.
2. Út á hvað gengur lögmálið um varðveislu orkunnar?
3. Hópverkefni: Hver var heildarorkunotkun bekkjarins í gær? Skráið alla þá orku sem nemendur notuðu. Gætu þeir takmarkað orkunotkun sína?

Af hverju er oft talað um mikilvægi þess að spara orku?

## 2.3 Einfaldar vélar

Til að auðvelda sér lífið hafa mennirnir fundið upp ýmiskonar hluti. Einfaldar vélar geta bæði margfaldað og breytt stefnu krafta. Skrúfjárn, skæri og hjólbörur eru dæmi um einfaldar vélar. Þó að einfaldar vélar geti gert gríðarlegt gagn þá geta engar vélar í heiminum búið til eða aukið orku.

### VERKLEG ATHUGUN



Til þess að átta okkur á því hvernig einföld vél virkar notum við stífa reglustiku, blýant og strokleður. Setjum blýantinn undir miðja reglustikuna og strokleðrið á annan enda hennar eins og sést á myndinni. Ýtum niður endanum og metum kraftinn sem við þurfum að beita til þess að lyfta strokleðrinu. Berum kraftinn saman við þann kraft sem við notum til að lyfta strokleðrinu beint upp með höndunum. Mælum einnig vegalengdina sem við ýtum niður og vegalengdina sem strokleðrið fer upp. Hver er niðurstaðan? Gerum núna sömu mælingar tvisvar sinnum, annars vegar þegar blýanturinn er nær strokleðrinu og hins vegar þegar hann er nær fingrinum, sjá mynd.

### UMRÆÐUEFNI

Í hvaða tilviki þurftuð þið að beita mestum krafti til að lyfta strokleðrinu? En minnstum krafti?

Til að skilja tengsl krafts, vinnu og einfaldra véla er nauðsynlegt að rýna betur í athuginina sem við gerðum. Eitt er ljóst, í hvert skipti sem við ýtum reglustikunni niður þá breytist stefna kraftsins, fingurinn fer niður en strokleðrið fer upp. Þetta er eitt af því sem einfaldar vélar geta gert, þær geta breytt stefnu þess krafts sem beitt er á vél. Annað sem kom í ljós var að auðveldara er að lyfta strokleðrinu þegar blýanturinn er nær því en þegar hann er nær fingrinum.

Þegar blýanturinn er fyrir miðri reglustiku eru vegalengdirnar  $d_1$  og  $d_2$  jafn langar og kraftarnir  $F_1$  og  $F_2$  einnig jafn stórir. Ef blýanturinn er færður nær strokleðrinu þarf að ýta endanum lengri vegalengd til að lyfta strokleðrinu sem fer styttra upp. Jafnframt þarf að beita minni krafti. Vegna þess að  $d_1$  er stærri en  $d_2$  er  $F_1$  minni en  $F_2$ . Þegar blýanturinn er nær fingrinum þarf að leggja til meiri kraft en vélin skilar.

Ef við reiknum dæmi þar sem blýanturinn er nálægt strokleðrinu þá notum við formúluna,

$$F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2$$

og ef við miðum við að ýta reglustikunni niður um 4 cm lyftist hinn endinn um 1 cm. Þessi einfalda vél skilar 8 N krafti og þá getum við reiknað út þann kraft sem lagður var til,

$$F_1 \cdot 4 = 8 \cdot 1$$

og með hjálp algebru fáum við að,

$$F_1 = (8 \cdot 1) / 4$$

eða,

$$F_1 = 2 \text{ N}$$

sem sýnir okkur að með því að lengja vegalengdina er hægt að margfalda þann kraft sem lagður er til vélar. Lagður var til kraftur af stærðinni 2 N en vélin skilaði krafti af stærðinni 8 N.

Eins og áður hefur komið fram er vinnan skilgreind sem,

$$W = F \cdot d$$

og ef vinnan sem lögð er til vélar er sú sama og hún skilar þá fáum við,

$$W(\text{inn}) = W(\text{út}) \text{ eða}$$

$$W_1 = W_2$$

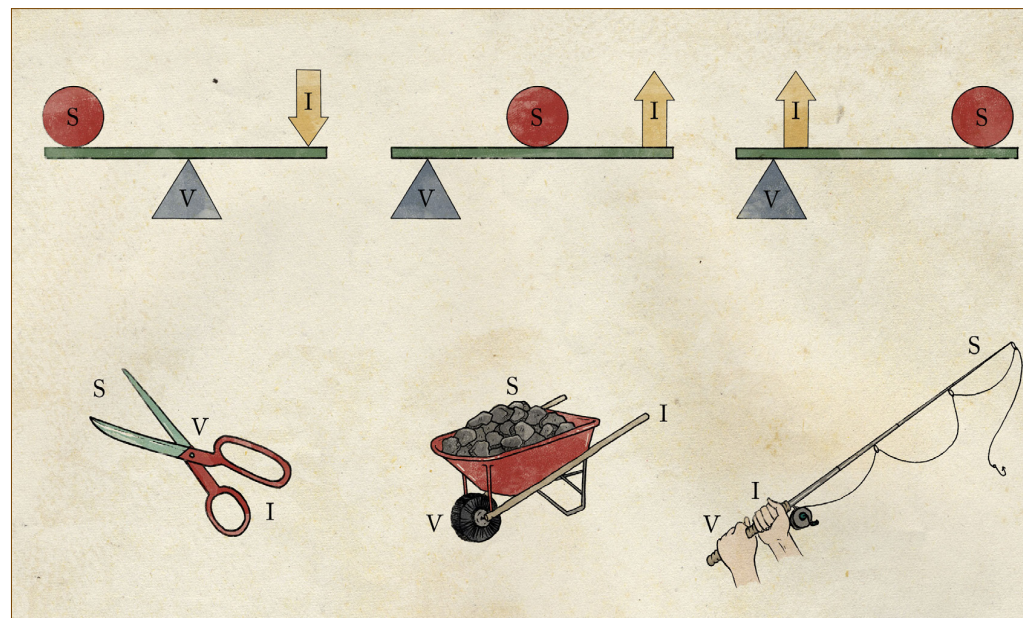
eða,

$$F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2$$

heildarorkan. Ef athugunin með reglustikuna er skoðuð sést að það er fingurinn sem framkvæmir vinnu á reglustikuna og sú vinna verður að aukinni stöðuorku hjá strokleðrinu. Vélin breytir stærð eða stefnu krafta en orkan helst sú sama. Athugunin sem við gerðum var dæmi um eina tegund einfaldrar vélar sem nefnist vogarstöng en það sama gildir um allar einfaldrar vélar.

### Mismunandi gerðir einfaldrar véla

Þegar talað er um **einfaldrar vélar** í eðlisfræði þá er ekki verið að tala um þær mörgu flóknu vélar og vinnutæki sem til eru. Heldur eru þetta tæki sem auðveldla okkur vinnu, tæki sem geta verið án allra hreyfanlegra hluta, tæki sem einfaldlega geta breytt stærð eða stefnu krafta. Ef við skoðum nánar þær einföldu vélar sem um ræðir, má skipta þeim í sex flokka: **vogarstangir, trissur, hjól og ása, skáfleti, fleyga og skrúfur**.



#### UMRÆÐUEFNI

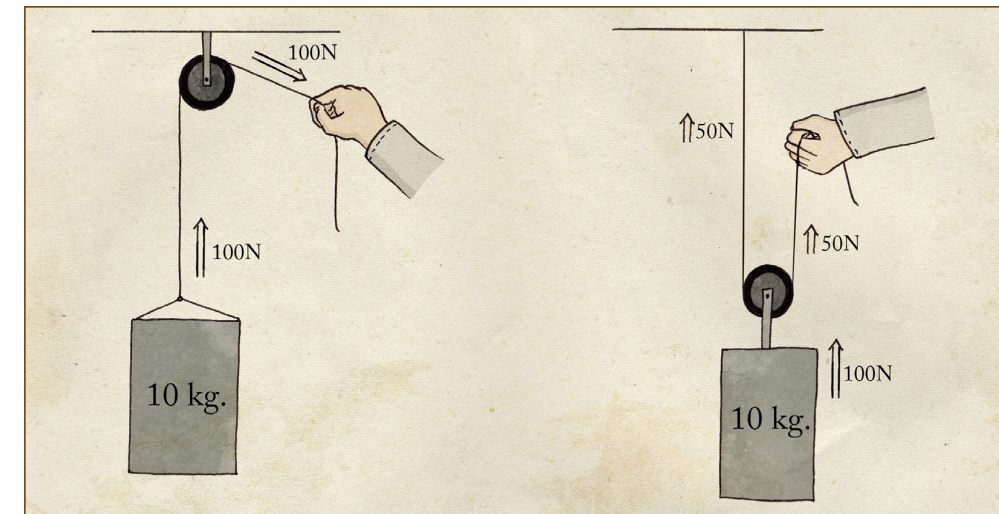
Nefnið dæmi um einfaldrar vélar sem þið þekkið.

**Vogarstöng** er ein gerð einfaldrar vélar. Athugunin sem við gerðum fyrr í kaflanum með reglustiku, blýanti og strokleðri er dæmi um vogarstöng. Fleiri dæmi eru vegasölt, skóflur, kúbein og skæri. Vogarstöng er stöng sem snýst um einhvern fastan tiltekinn punkt sem kallast vogarás (V). Á myndinni sjást skæri sem eru fyrsta stigs vogarstöng, hjólbörur sem eru annars stigs og veiðistöng sem er þriðja stigs vogarstöng. Gerð vogarstangar einkennist af staðsetningu vogarásins. Vogarstöng getur breytt stefnu og stærð krafts en ekki aukid orkuna.

**Trissa** er önnur gerð einfaldrar vélar. Trissa er hjól sem bandi, belti eða keðju er brugðid um. Trissa getur eins og vogarstöngin breytt bæði stefnu og stærð krafts. Ef við skoðum myndirnar má sjá að trissur eru notaðar á margvíslegan hátt. Með því að nota trissu getum við margfaldað þann kraft sem við beitum á vél. Það getur verið hjálplegt að nota einfalda trissu vegna stefnubreytingar á kraftinum. Ef tvær trissur eru settar saman er hægt að tvöfalda kraftinn sem við beitum á vélina. Það er að segja við þurfum að draga bandið tvöfalt lengri vegalengd en við gerðum með einfaldri trissu en fáum tvöfalt meiri kraft. Orka vélarinnar breytist þó ekkert. Síðan er hægt að bæta við trissum og auka þannig við kraftinn sem vélin skilar.



Krani og hlaupaköttur eru dæmi um trissu.

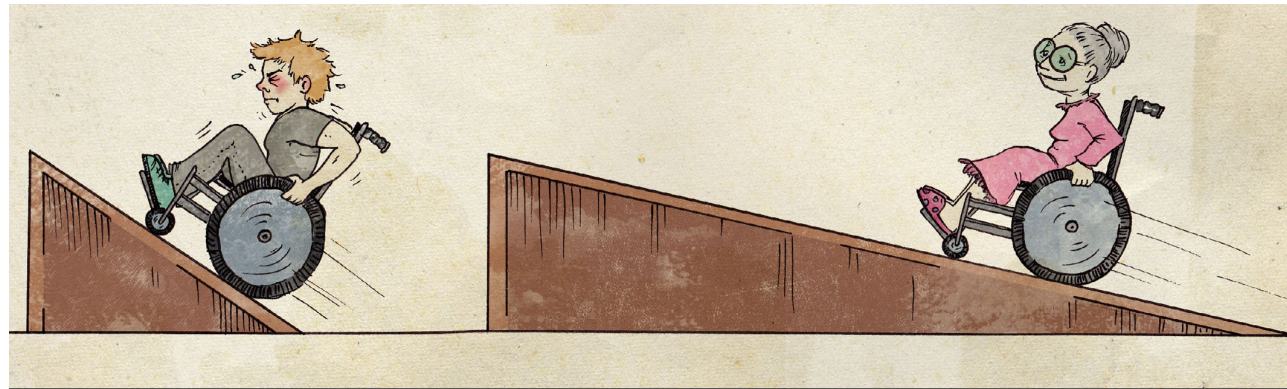


Trissa breytir stefnu krafts, trissa margfalda kraft.



**Hjól og ás** er ein gerð einfaldra véla. Hjól og ás eru samsett úr tveimur hringlaga hlutum, litlum ás og hjóli sem snýst um ásinn. Vegna þess að hver punktur á hjólinu færast alltaf lengri vegalengd en punktur á ásnum þá margfaldast sá kraftur sem ásinn skilar. Dæmi um hjól og ás eru skrúfjárn, sívalur hurðarhúnn og parísarhjól. Gott dæmi um notkun slíkrar vélar er þegar verið er að skrúfa skrúfu í vegg. Það getur verið mjög erfitt með fingrunum einum en með því að nota skrúfjárn má margfalda kraftinn sem beitt er á skrúfunu. Niðurstaðan er sú að verkið verður auðveldara.

**Skáborð eða skáflöt** getur verið hentugt að nota þegar færa þarf þungan hlut upp tiltekna vegalengd. Skáborð gerir það að verkum að beita þarf minni krafti en þarf til að lyfta hlutnum beint upp. Jafnframt minnkar sá kraftur sem þarf að beita til að koma hlutnum á tiltekinn stað. Skáborð eru gjarnan notuð til að bæta aðgengi fatlaðra í hjólastólum eins og sést á mynd.



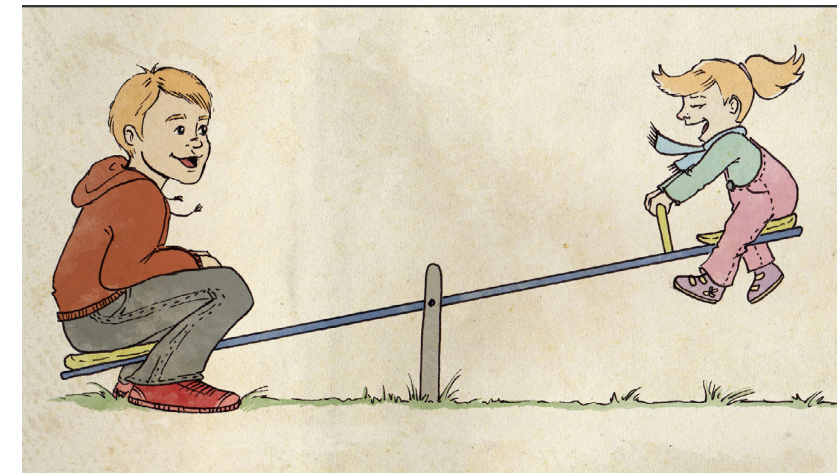
Það er auðveldara að fara upp skáborð með minni halla

### UMRÆÐUEFNI

Af hverju er auðveldara fyrir konuna að ýta sér upp skáborðið?

**Fleygur** er vél sem hefur einfaldað mönnum vinnu í árána rás. Hann er eins konar hreyfanlegt skáborð. Hnífur, öxi og rakvélarblað eru dæmi um fleyga. Á fleyg eru tveir sléttir fletir sem mætast í hvössu horni sem nefnist egg. Hann er gjarnan notaður til að kljúfa hluti eða skera. Með því að brýna fleyginn gerum við hann beittari og það auðveldar okkur að kljúfa hluti í sundur. Langir og þunnir fleygar skila mestum krafti frá sér miðað við þann kraft sem beitt er.

**Skrúfa** er einnig nokkurs konar skáborð en í þessu tilviki er skáborðið vafið utan um sívalning og myndar þannig skrúfgang. Skrúfan getur margfaldað kraftinn sem beitt er á vélina og þannig skilað margföldum krafti frá sér. Orka vélarinnar breytist þó ekkert. Því þéttari sem skrúfgangurinn er þeim mun meiri krafti getur hún skilað. Mjög margir hlutir í daglegu lífi okkar hafa skrúfgang eins og sést á mynd.



**Vegasalt** er algengt leiktræki á leikvöllum. Vegasalt er fyrsta stigs vogarstöng með vogarás á miðri stönginni. Tökum dæmi um systkini sem leika sér á vegasalti eins og sést á myndinni. Bróðirinn er eldri og vegur 60 kg en litla systir hans vegur 30 kg. Ef þau sitja jafn langt frá vogarásnum (2 m) verður leikurinn ekki mjög skemmtilegur. Bróðirinn sæti kyrr við jörðina en litla systir væri föst uppi. Ef bróðirinn væri hins vegar búinn að læra um einfaldar vélar gæti hann gert leikinn skemmtilegri með því að færa sig um einn metra nær vogarásnum. Hvað gerist ef hann flytur sig nær vogarásnum? Ef halli skáflatar er minnkaður lengist sú vegalengd sem hlutur þarf að flytjast eftir.

## Vegna núnings er nýtni véla aldrei 100%

Í umfjölluninni um vinnu og einfaldar vélar gerðum við ráð fyrir því að vinnan sem lögð væri til vélar væri alltaf jafn mikil og vinnan sem vélin skilaði. Svo er ekki, það tapast alltaf einhver orka til umhverfisins. Ef við skoðum nánar athugun okkar með reglustikuna þá kemur í ljós að hluti vinnunnar tapast sem varmaorka. Vinnan sem við framkvæmum er breytingin á orku hlutarins. Með því að ýta reglustikunni niður losnar varmaorka til umhverfisins vegna snertingar fingursins við reglustikuna. Núníngur er alltaf til staðar í vélum og hann veldur því að oftast tapast hluti vinnunnar sem varmaorka. Þannig að vinnan er ekki nákvæmlega sú sama sem lögð er til vélar og hún skilar. **Nýtni** einfaldra véla er fundin með einfaldri skilgreiningu:

$$\text{Nýtni} = \frac{W(\text{út})}{W(\text{inn})} \cdot 100$$

Hér segir að nýtni er vinnan sem vélin skilar deilt með vinnunni sem við leggjum til vélarinnar margfaldað með 100.

Við margföldum með 100 til að fá nýtnina í prósentum. Nýtni vélar er 50% ef vinna sem lögð er til vélar er 100 J og vélin skilar 50 J vinnu.

### ••••• VERKEFNI/UMRÆÐUR •••••

1. Hver er helsti tilgangurinn með einföldum vélum?
2. Hvað er kraftahlutfall?
3. Í hvaða sex flokka skiptast einfaldar vélar?
4. Nefnið dæmi um hvernig orka tapast í vélum. Hvaða kraftur kemur í veg fyrir 100% nýtni véla? Af hverju skiptir miklu máli að gera nýtni véla sem mesta?

## Samantekt úr kafla 2

**Kraftar** eru áhrif sem verka á milli tveggja hluta. Þegar kraftur verkar á hlut getur hann breytt hreyfingu hlutarins, hitað hann eða breytt lögun hans. Kraftar geta verkað á milli hluta án þess að þeir snertist.

**Aðdráttarkraftar** valda því að hlutir dragast hver að öðrum en **fráhrindikraftar** að þeir leita hver frá öðrum.

**Þyngdarkraftar** verka milli allra hluta. Þyngdarkraftur frá jörðinni sem heldur okkur við hana er mest áberandi. Þyngdarkraftar frá sólu halda reiki-stjörnunum á braut sinni.

**Núningskraftar** eru áberandi í umhverfi okkar. Þeir vinna á móti hreyfingu.

**Orka.** Hlutir geta búið yfir orku. Orka er mikilvæg vegna þess að hún er undirstaða alls lífs á jörðinni og mannlegs samfélags. Orka getur verið á mörgum mismunandi

orkuformum. Orka getur breyst úr einu formi í annað, farið frá einum stað til annars og frá einum hlut til annars.

**Heildarorka** í heiminum breytist aldrei. Þetta náttúrulögmál er kallað **lögmálið um varðveislu orkunnar**.

**Vinna** í eðlisfræði er háð krafti og vegalengd. Þegar vinna fer fram færast orka frá einum hlut til annars.

**Einfaldar vélar** eru tæki sem auðvelda okkur vinnu, þær geta bæði margfaldað og breytt stefnu krafta. Vélar geta ekki aukið eða búið til orku.

**Kraftahlutfall** segir til um hversu oft vél margfaldar kraft sem lagður er til hennar.

Einföldum vélum er skipt í sex flokka: **vogarstangir, trissur, hjól og ása, skáfleti, fleyga og skráfur.**

## Stærðfræðileg nálgun í lok 2. kafla

1. Hlaupari sem vegur 65 kg fer út að hlaupa. Hann hleypur á 4 m/s hraða. Hver er hreyfiorka hans?
2. Hversu mikla vinnu þarftu að framkvæma ef þú vilt lyfta kassa upp á hillu í 2 m hæð ef beita þarf 150 N krafti?
3. Hvert er kraftahlutfallið hjá vél sem skilar 50.000 N krafti ef til vélarinnar er lagður til kraftur af stærðinni 2.500 N?
4. Vél fær til sín 150 J vinnu en skilar frá sér 100 J vinnu. Hver er nýtni vélarinnar?



Hvort er betra að setja gosið út á pall þegar það eru 5 °C útivið eða í 5 °C heitan læk sem rennur við bústaðinn? Hvers vegna?

### 3 Hitastig og varmaorka

#### Efni kaflans

- 3.1 Hitastig.
- 3.2 Varmaorka.
- 3.3 Áhrif varmaorku á efni.
- 3.4 Flutningur varmaorku.
- 3.5 Eðlisvarmi – sum efni hitna meira en önnur.
- 3.6 Hitastig er mælikvarði á hreyfingu sameinda.

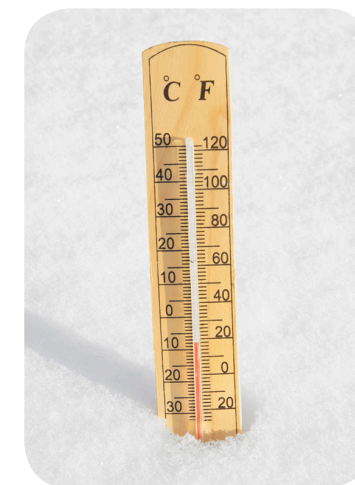
#### Markmið

- Nemandi á að
- ... læra að nota hugtakið hitastig
- ... geta mælt hitastig með hitamæli
- ... þekkja muninn á hitastigi og varmaorku
- ... vita hvernig við Íslendingar nýtum jarðvarma
- ... vita hvernig varmaorka flyst á milli staða
- ... kunna að nota hugtakið eðlisvarmi
- ... vita að hitastig er háð hreyfingu sameinda

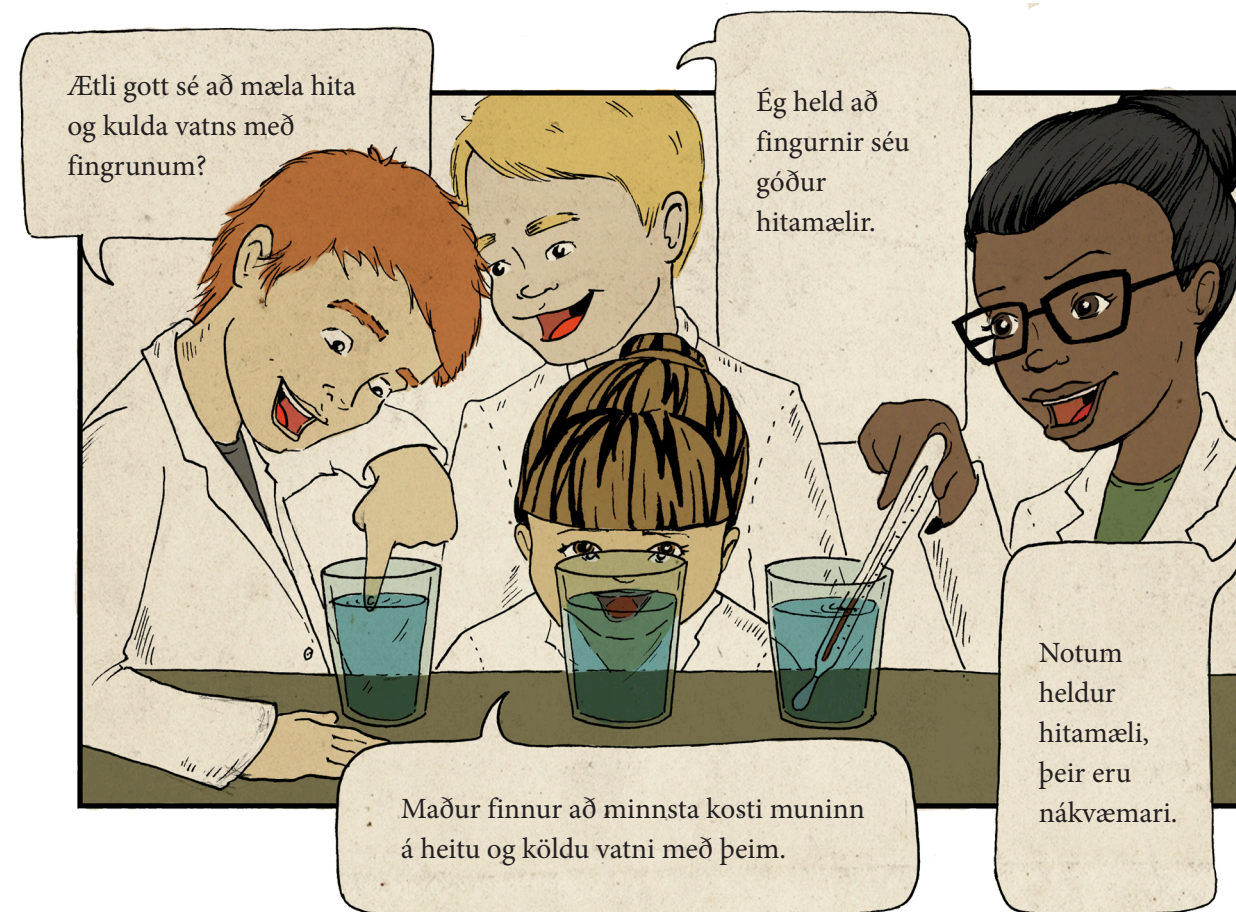
### 3.1 Hitastig

Hitastig er hugtak sem lýsir því hversu heitur eða kaldur hlutur er. Hitastig tengist þeirri orku sem býr í viðkomandi efni eða hlut.

Hvað er það fyrsta sem kemur í hugann þegar orðið hitastig er nefnt? Er það kannski veðrið úti eða ef til vill heitt og kalt vatn? Oft er hitastigið gefið upp í tölum, til dæmis að hitastigið úti sé 15 °C. Hvernig ætli sé best að mæla hitastig vatns eða hitastigið úti? Getum við til dæmis ákvarðað hitastig vatns með því að stinga fingri í það eða þurfum við nákvæmari aðferðir? Á myndinni eru fjórir vinir að ræða um hita vatns og hvort hægt sé að nota mannslíkamann til að meta hitastigið nákvæmlega.



Kalt í veðri.



Ætli gott sé að mæla hita og kulda vatns með fingrunum?

Ég held að fingurnir séu góður hitamælir.

Maður finnur að minnsta kosti muninn á heitu og köldu vatni með þeim.

Notum heldur hitamæli, þeir eru nákvæmari.



Til að skoða betur hugmyndir vinanna skulum við gera athugun. Tökum þrjú glös og fyllum þau af vatni, eitt með köldu kranavatni, annað með volgu og það þriðja með heitu kranavatni (ekki of heitu svo það brenni ekki). Stingum síðan fingri í heita vatnið og öðrum í kalda vatnið og höldum þeim í vatninu í u.þ.b. eina mínútu. Dýfum síðan báðum fingrunum í glasið með volga vatninu.

Hvað kemur í ljós? Þegar við fluttum fingurinn sem var í kalda vatninu yfir í volga vatnið fannst okkur hitastigið hækka, en þegar við fluttum fingurinn úr heita vatninu í volga vatnið þá fannst okkur hitastigið lækka. Skynjun okkar á hitastigi volga vatnsins var því mismunandi eftir því hvort fingurinn hafði verið í kalda eða heita vatninu. Mannslíkaminn getur gefið ákveðna vísingingu fyrir því hvort hlutur er heitur eða kaldur. Til þess að mæla hitastig nákvæmlega er nauðsynlegt að nota hitamæli. **Hitastig** er hugtak sem lýsir því hversu heitur eða kaldur hlutur er og tengist þeirri orku sem býr í viðkomandi efni eða hlut.



### Hitamælar mæla nákvæmt hitastig hluta

Eins og flestir vita eru **hitamælar** notaðir til þess að mæla nákvæmt hitastig hluta, eða mæla hversu kaldur eða heitur hlutur er. Þróaðar hafa verið mismunandi gerðir af hitamælum. Algengasta gerð hitamæla byggist á því að mörg efni þenjast út þegar hitastig þeirra hækkar. Talið er að Grikkir hafi þekkt þetta eðlisfræðilega fyrirbæri fyrir meira en 2000 árum. Hitamælar í þeirri mynd sem við þekkjum eru uppfinning evrópskra vísindamanna á 17. og 18. öld. Hitamælar eru með algengustu vísindatækjum nútímans. Þeir eru til dæmis notaðir á rannsóknarstofum við margskonar hitamælingar, á heimilum til að mæla lofthita og líkamshita. Í mörgum framleiðslufyrirtækjum eru hitamælar notaðir til að fylgjast með hita hluta sem verið er að framleiða.



Þrjár mismunandi tegundir hitamæla, venjulegur hitamæli á sjúkrahúsi, stafrænn hitamæli og sérstakur hitamæli sem mælir innrauða geislun.

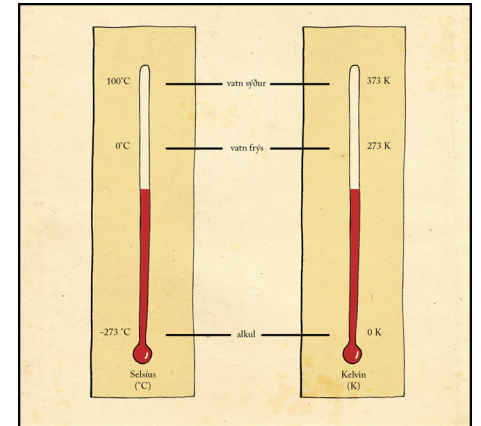
### Hvert er lægsta hitastigið?

Hitamælar með selsíus kvarða eru algengustu hitamælarnir. Með þeim er hitastig mælt í gráðum á selsíus, táknað með °C. Vísindamenn hafa fundið út að ekki er hægt að kæla efni niður fyrir hitastigið -273 °C. Þetta hitastig er kallað **alkul**. Út frá því nota vísindamenn stundum hitastigskvarða sem heitir kelvinkvarði sem er þannig að hitastigið er núll við alkul. Kelvinkvarðinn er táknaður með bókstafnum K (kelvin). Sambandið á milli selsíus kvarðans og kelvinkvarðans er þannig að 273 stigum er bætt við selsíusgráðurnar til að fá mælinguna í kelvin. Við alkul er hitastigið -273 °C = 0 K, vatn frýs við 0 °C = 273 K og sýður við 100 °C = 373 K. Kelvinkvarði er notaður í vísindum og er hluti af alþjóðlega SI-einingakerfinu.

### Mismunandi hitamælar

Hitamælar eru til í mismunandi stærðum og gerðum. Hitamæli, sem notaður er til að mæla hitastig fljótandi áls í álveri, þarf að hafa aðra eiginleika en venjulegur hitamæli sem er notaður á sjúkrahúsi til að mæla líkamshita. Ál bráðnar við 660 °C en venjulegt hitastig líkama sjúklings á sjúkrahúsi er yfirleitt í kringum 37 °C. Þar af leiðandi þarf hitamæli í álveri að þola miklu hærri hitastig. Það eru til hitamælar sem nema innrauðar bylgjur til að mæla hitastig, eins og til dæmis eyrna hitamælar. Einnig eru til stafrænar hitamælar með tölvuskjá sem geta verið mjög nákvæmir. Við flutning á mat og lyfjum eru slíkir hitamælar oft tengdir tölvu sem getur sent skilaboð ef hitastigið verður of hátt eða lágt.

Ef við skoðum nánar hitamælinn sem notaður er til að mæla líkamshita, þá er hann gerður úr glerpípu og inni í henni er fljótandi efni. Við glerpípuna er kvarði sem sýnir hitastig. Til þess að sjá breytingar á hitastigi þarf efnið í glerpípunni að þenjast út við hækkingu hitastig og dragast saman við lækkandi hitastig. Því hækkar súlan eða lækkar eftir því sem hitastigið breytist. Oft er notað kvikasílfur eða alkóhól í svona mæla. Algengast er að selsíus kvarðinn sé notaður á þeim.



Sambandið á milli selsíus kvarðans og kelvinkvarðans er þannig að 273 stigum er alltaf bætt við selsíusgráðurnar til að fá mælinguna í kelvin.

### VERKEFNI/UMRÆÐUR

1. Hvað er hitastig?
2. Hver er SI-mælieiningin fyrir hitastig?
3. Er gott að nota mannslíkamann til að meta hitastig?
4. Hver er munurinn á venjulegum hitamæli og hitamæli sem notaður er í iðnaði?



Venjulegur hitamæli, samsettur úr glerpípu með kvarða og fljótandi efni. Fljótandi efnið í glerpípunni, sem oft er kvikasílfur eða alkóhól, þenst út eða dregst saman við breytingu á hitastigi.

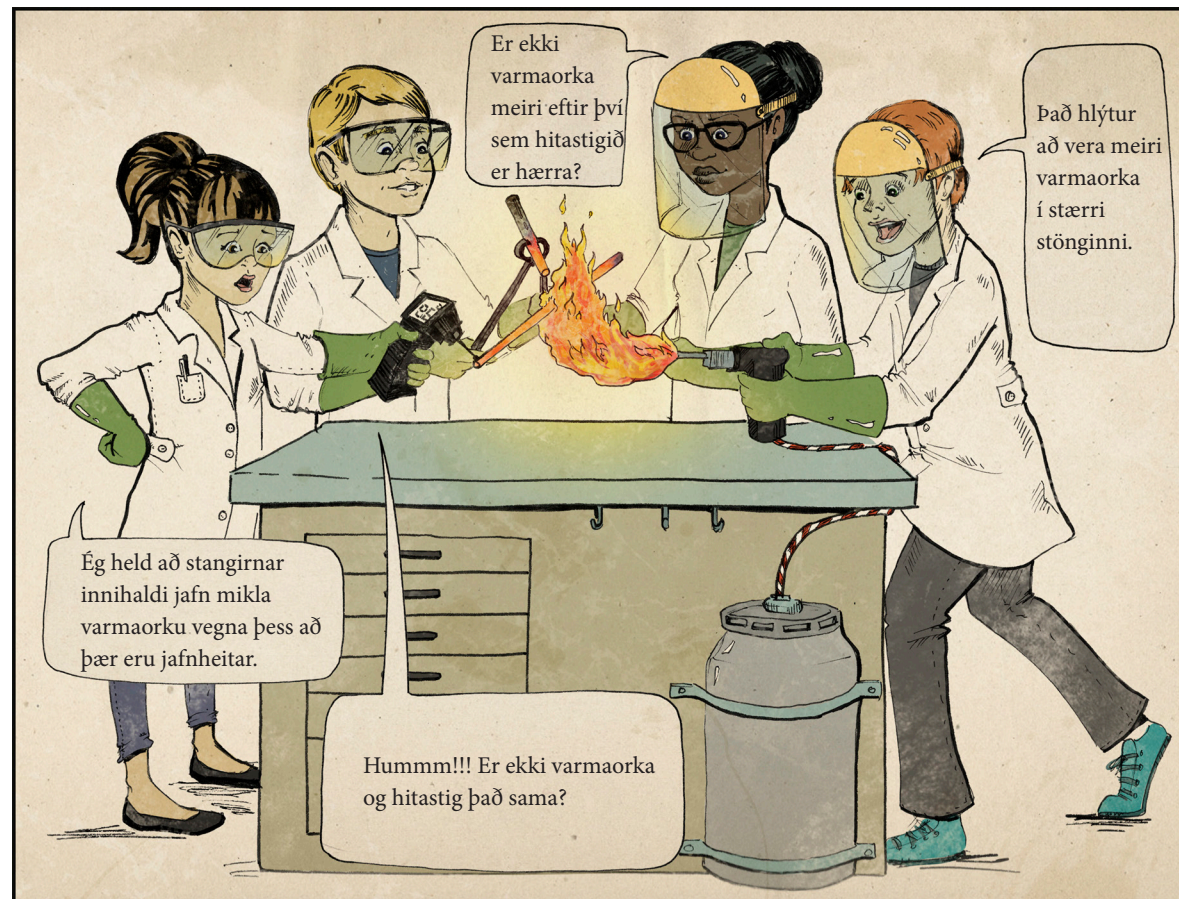


## 3.2 Varmaorka

Varmaorka er sú orka sem hlutur hefur vegna þess að hann er heitur.

Hlutir búa yfir orku vegna þess að þeir eru heitir og því hærra sem hitastig þeirra er því meiri er þessi orka. Orkan er kölluð **varmaorka**. Við getum séð áhrif varmaorku hlutar á því að hann getur hitað aðra kaldari hluti. Í sumum tilfellum má nota varmaorku hlutar til að hreyfa aðra hluti eða jafnvel til að búa til rafmagn.

Það er algengur misskilningur að halda að hitastig og varmaorka sé það sama. Vinirnir á myndinni eru að velja þessum hugtökum fyrir sér. Þeir hafa hitað tvær járnstangir upp í sama hitastig og er önnur stöngin tvöfalt stærri en hin. Þeir eru ekki alveg sammála um það hvort varmaorkan sé eingöngu háð hitastiginu eða einnig öðrum þáttum.



Ef hugmyndir vinanna um varmaorku eru skoðaðar nánar þá sést að þeir eru ekki sammála um hvort báðar járnstengurnar innihaldi sömu varmaorku. Ætli varmaorkan sé sú sama í báðum stöngunum eða er varmaorkan einnig háð öðrum þáttum en hitastigi? Það kemur í ljós að varmaorka stærri stangarinnar er meiri.

### Varmaorka er háð magni

Varmaorka er háð bæði hitastigi og magni. Járnstöngin sem er tvöfalt stærri hefur tvöfalt meiri varmaorku. Hitastig er hugtak sem segir til um hversu kaldur eða heitur hlutur er, en **varmaorka** er sú orka sem hlutur hefur vegna þess að hann er heitur.

Þar sem varmaorka er bæði háð hitastigi og magni er áhugavert að bera saman varmaorku tveggja ólíkra hluta með mismunandi hitastig. Köld sundlaug getur haft meiri varmaorku en bolli með sjóðandi heitu vatni. Hitastig vatnsins í bollanum er hærra en vegna þess að magnið hefur áhrif, þá er varmaorkan mun meiri í sundlauginni.

### Við fáum orku úr mat að stórum hluta til þess að halda líkama okkar heitum

Orka í matvælum er gjarnan gefin upp í kaloríum. Á matvælaumbúðum er algengt að orkan sé líka gefin í kílójúlum ásamt kaloríum, t.d. innihalda 100 grömm af hreinu skyri 259 kJ / 61 kkal af orku. Ein kaloría er skilgreind sem sú varmaorka sem þarf til þess að hita eitt gramm af vatni um eina gráðu, úr 14,5 °C í 15,5 °C. Varmaorka, eins og aðrar orkumyndir, er í vísindum mæld í einingunni júl (J). Mælieiningin er hluti af SI-einingakerfinu. Algengt er einnig að nota forskeytið kíló-á undan júl sem er skrifað kílójúl eða kJ. 1 kJ eru 1000 J.



Köld sundlaug getur innihaldið meiri varmaorku en bolli með sjóðandi heitu vatni.

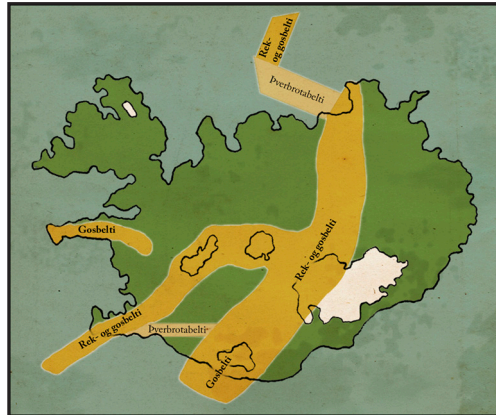
Kaffidrykkir	
<b>Caffé latte:</b> Tveimur þriðju af flóaðri mjólk er hellt yfir einn þriðja af espressó, stundum með örflitilli froðu efst, en hlutfallið milli mjólkur og kaffis getur farið upp í 5:1. Þetta er frábær drykkur fyrir þá sem hafa dálæti á heitri mjólk og vilja aðeins vægt kaffibrað.	<b>Innihald:</b> Nýmjólk, leifturhituð, fitusprengd.
<b>Næringargildi í 100 g:</b>	
Orka	280 kJ/67 kcal
Fita	3,9 g
þar af mettaðar fitusýrur	2,3 g
Kolvetni	4,5 g
þar af ein- og tvísykrur	4,5 g
Prótein	3,4 g
Salt	0,1 g
	<b>%RDS*</b>
B <sub>2</sub> -vitamín	0,16 mg 11
B <sub>12</sub> -vitamín	0,37 µg 15
Kalk	114 mg 14
Fosfór	95 mg 14
Joð	11,2 µg 8
*Hlutfall af ráðlögðum dagskammti	
<b>Cappuccino:</b> Einum þriðja af heitri mjólk og einum þriðja af mjólkurfroðu er hellt yfir einn þriðja af espressó, kakódufti er gjarnan sáðrað ofan á froðuna. Í cappuccino er gott að nota G-mjólk eða létt G-mjólk frá M3 þar sem hún	

Framleiðendur matvæla eiga alltaf að greina frá efnainnihaldi og næringargildi vörunnar.

## Við notum jarðvarma til að hita upp húsin okkar

Ein gerð varmaorku er jarðvarmi. Inni í kjarna jarðar er mikil varmaorka en hitastigið við kjarnann talið vera um 7000 °C. (Sjá mynd á bls. 13). Hluti þessarar miklu varmaorku getur borist með möttulefninu sem kvika upp á yfirborðið í eldgosum. Kvikan safnast oft fyrir undir eldfjöllum, í sérstökum kvikuhólfum eða innskotum. Þau hafa mikil áhrif á nánasta umhverfi sitt. Þau hita bæði jarðlögin og það grunnvatn sem kemst í nálægð kvikunnar.

Eins og flestir vita þá er Ísland afar virk eldfjallaeyja. Hér eru virk rek- og gosbelti og innan þeirra eru eldstöðvar sem gjósa reglulega. Virku rek- og gosbeltin liggja frá Reykjanestá uppí Langjökul, þvert yfir landið í Vatnajökul og síðan norður í Öxarfjörð. Einnig er virkt hliðargosbelti sem liggur frá Vestmannaeyjum í átt að Vatnajökli. Meðal þekktustu eldfjalla landsins eru: Hekla, Katla, Grímsvötn, Bárðarbunga, Vestmannaeyjar, Askja og Krafla. Þessi eldfjöll hafa öll gosið reglulega á sögulegum tíma og haft mikil áhrif á líf Íslendinga. Grunnvatn sem leitar ofan í jörðina við þessi eldfjöll og í nágrenni þeirra, nálægt kvikunni, hitnar og leitar aftur upp á yfirborðið. Heitt vatn finnst víða í sprungum eða í laugum í nágrenni eldfjalla. Enn heitara vatn er síðan að finna í mikilli nálægð við kvikuhólfið neðar í jörðinni. Íslendingar hafa í mörg ár nýtt jarðvarma bæði til þvotta og húshitunar. Til eru heimildir um að menn hafi baðað sig í heitum laugum og lækjum allt frá 13. öld. Í byrjun 20. aldar var farið að bora eftir jarðvarma á Íslandi og árið 1930 var fyrsta hitaveitan lögð í Reykjavík og náði til 70 húsa. Allt frá þeim degi hafa Íslendingar verið frumkvöðlar á þessu sviði ásamt öðrum þjóðum, eins og Ítölum og Bandaríkjamönnum. Mikilvægt er að Íslendingar noti jarðvarma sinn í sátt við náttúruna. Þó svo að jarðvarmi sé skilgreindur sem endurnýjanleg auðlind þá er mikilvægt að nýting hans sé sjálfbær. Það þýðir að við þurfum að ganga þannig um auðlindina að komandi kynslóðir geti nýtt hana á sama hátt og þjóðin gerir í dag. Mikilvægt er að gera áætlanir um vernd og nýtingu þessa mikilvæga orkugjafa. Jarðvarminn sem nýttur er á Íslandi veitir okkur mikil lífsgæði og möguleika en jafnframt fylgir honum bæði umhverfisrask og mengun. Við nýtingu jarðvarma eykst t.d. magn brennisteins og koltvíoxíðs í andrúmsloftinu.



Rek- og gosbeltin á Íslandi.



Borhola við Kröflu í Mývatnssveit.



Eldgos í Eyjafjallajökli. Bærinn Porvaldseyri í forgrunni.

### VERKEFNI/UMRÆÐUR

1. Hver er munurinn á hitastigi og varmaorku?
2. Hver er einingin fyrir varmaorku?
3. Hvaðan kemur jarðvarminn sem nýttur er til húshitunar?

### 3.3 Áhrif varmaorku á efni

Þegar efni fær til sín varmaorku þá annað hvort hækkar hitastig efnisins eða það breytir um ham.

Hugsum okkur klaka sem tekinn er úr frysti þar sem hitastigið er um  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  og hann settur beint í pott á mjög heita eldavélarhelli. Þegar klakinn kemur út úr frystinum fer hitastig hans hækkandi, úr  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  í  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Þegar klakinn hefur náð  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  fer hann að bráðna. Hitastig klakans breytist ekki á meðan hann bráðnar, það helst allan tíman  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Þegar hann hefur bráðnað hefur hann breyst í vatn sem hitnar smátt og smátt frá  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  þar til það fer að sjóða við  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Eftir það fer heita vatnið að breytast í  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  heita vatnsgufu.

Meðan á þessu ferli stendur flyst varmaorka frá eldavélarhellunni til vatnsins. Breytingar á vatninu eru dæmigerðar fyrir það sem gerist þegar efni tekur til sín varmaorku. Tvennt getur gerst. Annað hvort hækkar hitastig efnisins eða efnið breytir um ham. Þegar efni breytir um ham breytist það úr föstu formi í vökva (bráðnar) eða úr vökva í lofttegund (gufar upp). Þetta eru kölluð hamskipti efnis. Þegar varmaorka flyst frá einu efni til annars þá lækkar hitastig þess. Efnið breytist úr vökva í fast efni, það storknar eða breytist úr lofttegund í vökva (þéttist). Með þessum hætti tengjast hitastigsbreytingar og hamskipti breytingum á varmaorku efnis.

#### ••••• VERKEFNI/UMRÆÐUR •••••

1. Hvernig tengjast hitastigsbreytingar hamskiptum?
2. Hvað gerist þegar efni lætur frá sér varmaorku?



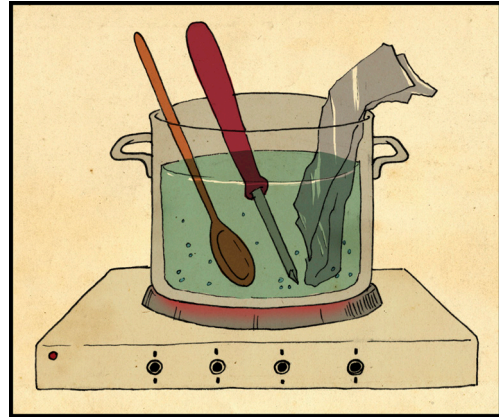
Börn í leik á sólríkum degi.

### 3.4 Flutningur varmaorku

Þegar við stöndum út í sólskini á björtum sumardegi þá finnum við að okkur hitnar. Við finnum fyrir varmaorkunni sem streymir frá sólinni til okkar. Við höfum þegar fjallað um hitastig og varmaorku í þessum kafla, en hvernig skyldi þessi varmaorka ferðast frá einum stað til annars? Hvers vegna hitnar okkur þegar sólin skín á okkur og hvernig flyst varmaorkan frá sólinni til okkar? Þessum spurningum ætlum við að svara í þessum kafla og fjalla einnig um það hvernig varmaorka flyst frá einum stað til annars.

#### Varmaorkan flyst frá heitari hlutum til þeirra kaldari

Varmaorka flyst frá heitari hlutum til þeirra kaldari ef þeir snertast. Þegar pottur með köldu vatni stendur á heitri eldavélarhelli streymir varmaorka frá hellunni yfir í vatnið. Ástæðan er sú að vatnið er kaldara en hellan. Þegar við eldum mat flyst varmaorkan frá heitri eldavélinni yfir í pottinn eða pönnuna og þannig yfir í matinn. Þegar hlutir kólna missa þeir varmaorku. Ef við setjum klaka í vatn lækkar hitastig vatnsins vegna þess að varmaorka fer frá vatninu yfir í klakana sem settir voru í vatnið. Við það bráðna klakarnir. Hlutir sem eru að hitna bæta við sig varmaorku og hlutir sem kólna missa varmaorku.



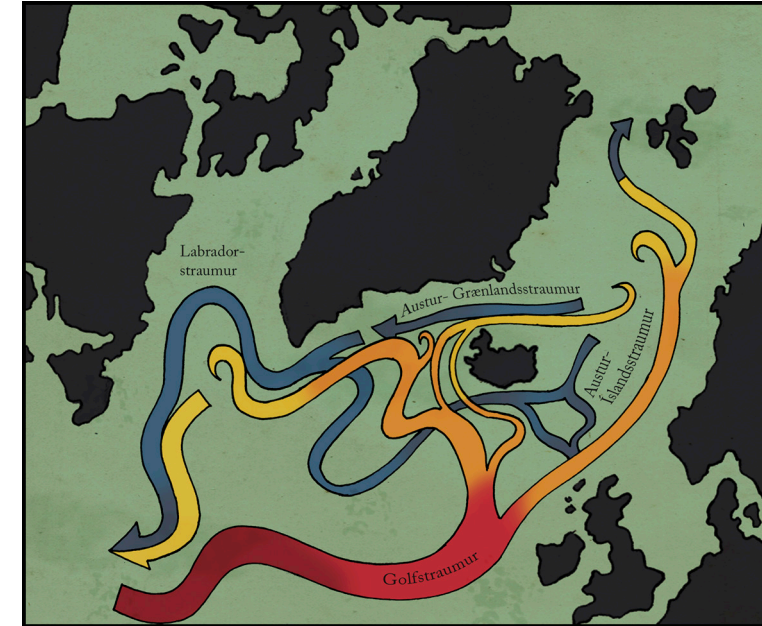
## Hlutir taka mismunandi vel við varmaorku

Ef við skoðum myndina hér til hliðar þá sjáum við að í vatninu eru þrír hlutir, trésleif, skrúfjárn og samanbrotinn álpappír. Ef við snertum þessa hluti á meðan þeir eru í sjóðandi heitu vatninu þá er líklegt að upplifun okkar allra yrði sú sama. Skrúfjárníð og álið væru heit en trésleifin köld. Járníð í skrúfjárninu og álpappírinn hafa hærri varmaleiðni en trésleifin. Það fer eftir hlutnum og efninu í honum hvort hann á auðvelt eða erfitt með að bæta við sig þessari varmaorku. Hlutur sem tekur auðveldlega við varmaorku er sagður hafa góða varmaleiðni og þá er varmaleiðni hlutarins sögð vera há en hlutur sem tekur treglega til sín varmaorku er sagður hafa lága varmaleiðni.

Flutningur varmaorku gerist með þremur leiðum sem kallaðar eru varmaleiðing, varmaburður og varmageislun.

Þegar varmaorka flyst með beinni snertingu efna inni í ákveðnum hlut eða þegar hlutir snertast kallast það **varmaleiðing**. Þetta gerist þegar matur er eldaður á eldavél. Heit eldavélarhellan snertir pottinn sem stendur á henni og þannig flyst varmaorkan frá hellunni í pottinn. Varmaleiðing getur átt sér stað í föstum efnum, vökvum og lofti. Ef við stingum hendinni ofan í hæfilega heitt vatn finnum við strax hvernig varmaorkan streymir inn í höndina. Þetta er dæmi um varmaleiðingu.

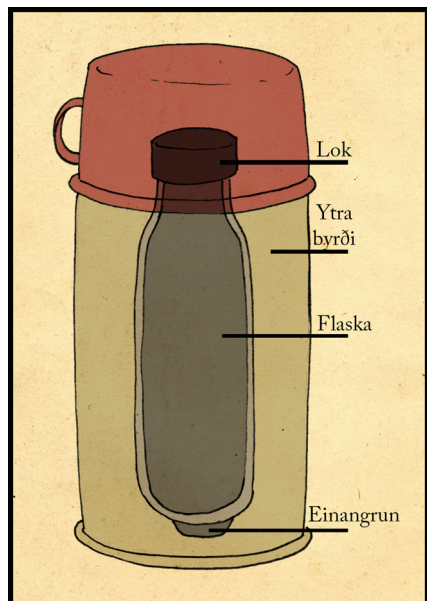
Önnur gerð af varmaorkuflutningi er varmaburður. **Varmaburður** er það kallað þegar varmaorka flyst á milli staða með efni sem hreyfist. Þetta gerist einkum í lofti eða í vökva. Loft og vökvar hafa svipaða eiginleika. Í þeim myndast gjarnan straumar og hringrásir. Straumarnir stafa af breytileika sem getur orðið í efninu, hluti efnisins getur orðið léttur og annar hluti þungur. Vegna þessa breytileika verður oft lagskipting þar sem efnið sem er léttara helst ofarlega en þyngra efnið neðar. Vindar og hafstraumar bera varmaorku milli landa með varmaburði. Ísland liggur á mörkum heitra og kaldra hafstrauma. Heitur hafstraumur kemur frá Norður-Ameríku að landinu og þar mætir hann köldum hafstraumum sem koma frá Norðurlandinu. Þessir straumar sjá til þess að hér er temprað loftslag, sem er blanda af heitu og köldu loftslagi.



Hafstraumarnir í kringum Ísland

Lítum aðeins í kringum okkur. Að öllum líkindum er ofn í herberginu sem við erum stödd í. Af hverju ætli ofninn sé staðsettur þar sem hann er? Neðarlega á veggnum, oft undir gluggum? Ástæðan fyrir því er að loftið sem er í herberginu er á hreyfingu. Loft streymir inn um gluggann, það tekur til sín varmaorku frá ofninum, hitnar og stígur upp. Síðan streymir það yfir herbergið og sígur þegar það kólnar í hinum enda herbergisins. Þaðan berst það eftir gólfinu til baka og hitnar aftur. Þetta er dæmi um varmaburð. Ofninn er því staðsettur undir glugganum í þeim tilgangi að dreifa varmaorkunni sem best um allt herbergið.

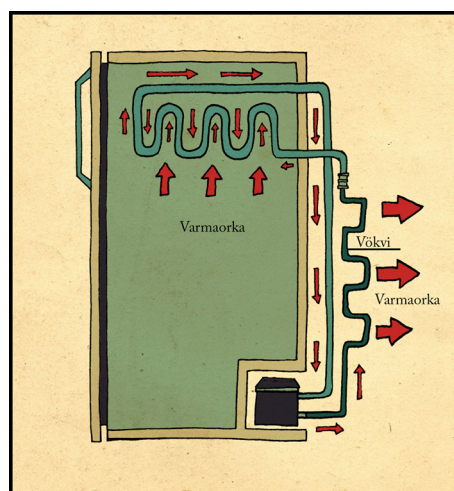
**Varmageislun** er þriðja gerðin af flutningi varmaorku. Þá flyst varmaorka milli staða með ósýnilegum bylgjum sem kallast innrauðar bylgjur eða innrautt ljós. Þessi gerð er frábrugðin hinum að því leyti að varmaorkan flyst á milli staða án þess að efni sé til staðar. Sólin sendir t.d. varmageislun með þessum hætti út í geiminn.



### Við notum einangrun til að draga úr varmaorkutapi

Þekking á flutningi varmaroku og sá eiginleiki að varmaorkan flyst frá heitari hlut til kaldari hefur verið nýtt til að stjórna hitastigi í híbýlum manna. Við notum einangrun til að draga úr varmaorkutapi. Á Íslandi þurfa veggir og gluggar að hafa góða einangrun. Til að geta haldið stöðugu hitastigi inn í híbýlum fólks verða veggir og gluggar að vera úr efni sem leiðir varmaorkuna treglega, til að lágmarka varmaorkutapið. Einangrun er sett á húsveggi, annað hvort að utan eða innan, t.d. með steinull sem leiðir varmaorku illa. Í gluggum er haft tvöfalt eða þrefalt gler með lofti á milli. Loftið er lélegur varmaleiðari og þess vegna tapast minni varmaorka út um gluggann ef notaðir eru slíkir gluggar.

Hitabrúsi er annað dæmi um einangrun, hann er notaður til að halda drykkjum heitum eða köldum eftir atvikum. Hitabrúsi þarf að vera gerður úr efni sem leiðir varmaorku illa og einangrar vel. Ef hann er úr þannig efni þá helst hitastig drykkjarins, en tapast síður til umhverfisins.



### Kælikerfi eru hönnuð til þess að ná varmaorku úr hlutum í þeim tilgangi að kæla þá

Kælikerfi virka á annan hátt en einangrun. Kælikerfi eru hönnuð til þess að ná varmaorku úr hlutum í þeim tilgangi að kæla þá. Til eru margar gerðir kælikerfa og gott dæmi um slíkt er ísskápur. Kælikerfi ísskáps virkar þannig að kaldur vökvi rennur í rörum inn í veggjum ísskápsins. Vökvinn tekur til sín varmaorkuna frá loftinu inni í ísskápnnum og breytist síðan með hjálp meiri varmaorku í lofttegund. Lofttegundinni er síðan dælt inn í sérstakan þétti sem breytir lofttegundinni aftur í vökva. Við það að breytast aftur í vökva gefur efnið frá sér varmaorku sem er skilað til umhverfisins. Af þeim sökum er bakhlið ísskápa oft mjög heit. Vörurnar sem eru inn í ísskápnnum missa varmaorku við þetta ferli og kólna.

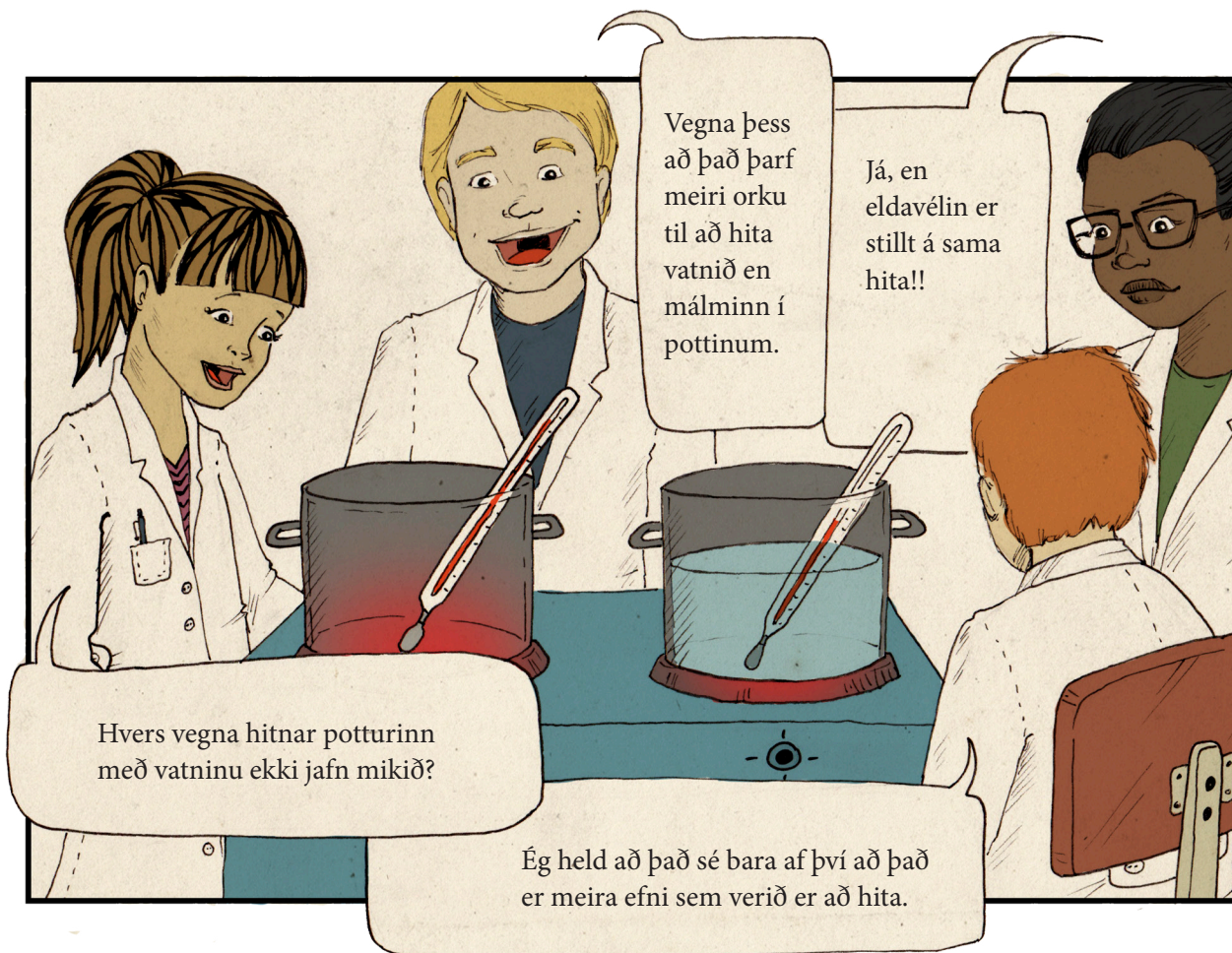
#### VERKEFNI/UMRÆÐUR

1. Segðu frá því hvað gerist þegar hlutir hitna eða kólna.
2. Á hvaða þrjú vegu flyst varmaorka? Segðu stuttlega frá öllum leiðunum þremur.
3. Hvers vegna er betra að einangra með tvöföldu eða þreföldu gleri í stað einfalds glers?
4. Hvernig kæli ísskápur matvörur?

## 3.5 Eðlisvarmi – sum efni hitna meira en önnur

Það er mjög mismunandi hve efni hitna eða kólna mikið þegar þau taka við eða láta frá sér varmaorku.

Þegar efni fær til sín varmaorku þá annað hvort breytir það um ham eða hitnar. En ætli það sé munur á því hversu mikið efni hitna? Vinirnir eru að framkvæma enn eina athuginuna. Þeir byrjuðu á því að setja tóman pott á eldavélarhellu í tíu mínútur og komust að því að potturinn hitnaði mjög mikið. Síðan settu þeir sama pott með dálitlu vatni á helluna í jafn langan tíma og komust að því að potturinn með vatninu hitnaði mun minna en potturinn þegar hann var tómur.



## MISMUNANDI EÐLISVARMÍ EFNA

Efni	Eðlisvarmi (kal/g °C)
Ál	0,22
Gler	0,20
Ís (-20 °C að 0 °C)	0,50
Kopar	0,09
Kvikasilfur	0,03
Loft	0,25
Sjór	0,93
Vatn	1,00
Viður	0,42

## EÐLISVARMÍ - EINING

Algeng eining fyrir eðlisvarma er  $\frac{\text{kal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$ .  
Einingin lýsir sambandi orku, massa og hitastigsbreytingu. Eðlisvarmi vatns er  $1,00 \frac{\text{kal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$  og eðlisvarmi áls er  $0,22 \frac{\text{kal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$ .

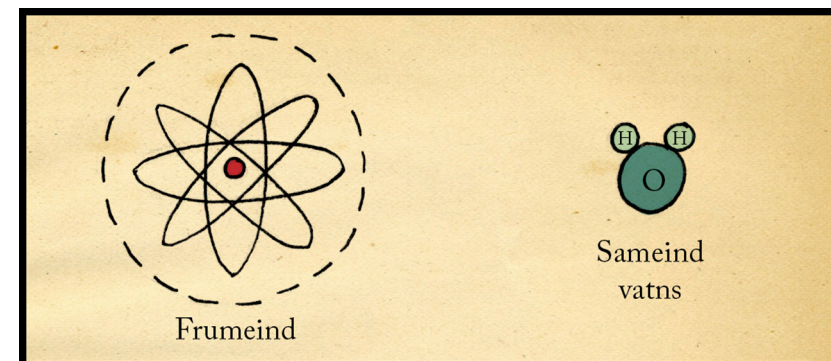
Öll efni hitna við það að taka til sín varmaorku og kólna við að láta hana frá sér. Það er hins vegar mjög misjafnt eftir efnum hversu mikið þau hitna eða kólna. Eitt kíló af vatni (1 lítri) hitnar miklu minna en eitt kíló af járni við að taka til sín tiltekið magn af varmaorku. Það útskýrir hvers vegna potturinn með vatninu hitnaði minna en tómi potturinn í athugunni.

## Eðlisvarmi efna segir til um hversu vel þau geta tekið við varmaorku

Sá eiginleiki sem er mælikvarði á hversu vel efni geta tekið við varmaorku er nefndur **eðlisvarmi**. Mismunandi efni hafa mismunandi eðlisvarma og bregðast því mismunandi við orkubreytingum. Vatn hefur, sem dæmi, miklu meiri eðlisvarma en járn. Ef jafn mikilli varmaorku er bætt við tvö mismunandi efni þá hitna þau mismunandi mikið. Með sömu orkubreytingu breytist hitastigið minna hjá efnum sem hafa háan eðlisvarma en hjá efnum sem hafa lágan eðlisvarma. Þess vegna þarf meiri orku til að hita efni sem hafa háan eðlisvarma um 1 °C á meðan efni sem hafa lágan eðlisvarma þurfa minni orku til að geta hækkað um þessa sömu gráðu. Eðlisvarmi efna er mismunandi eins og sést í töflu. Þegar varmaorka bætist við hlut af tilteknu efni þá skiptir magnið (massinn) einnig máli. Það þarf t.d. meiri varmaorku til að hita tíu grömm af vatni en eitt gramm um 10 °C. Það þarf tíu kaloríur til þess að hita eitt gramm af vatni um tíu gráður en ef við hitum tíu grömm af vatni með tíu kaloríum þá hitnar vatnið eingöngu um 1 gráðu. Hitastig er mælikvarði á hreyfingu sameinda

### VERKEFNI/UMRÆÐUR

1. Hvað er eðlisvarmi?
2. Hvernig er eðlisvarmi tengdur magni efna?
3. Berðu saman eðlisvarma járns og vatns.



## 3.6 Hitastig er mælikvarði á hreyfingu sameinda

Allt efni er gert úr frumeindum sem geta myndað sameindir.

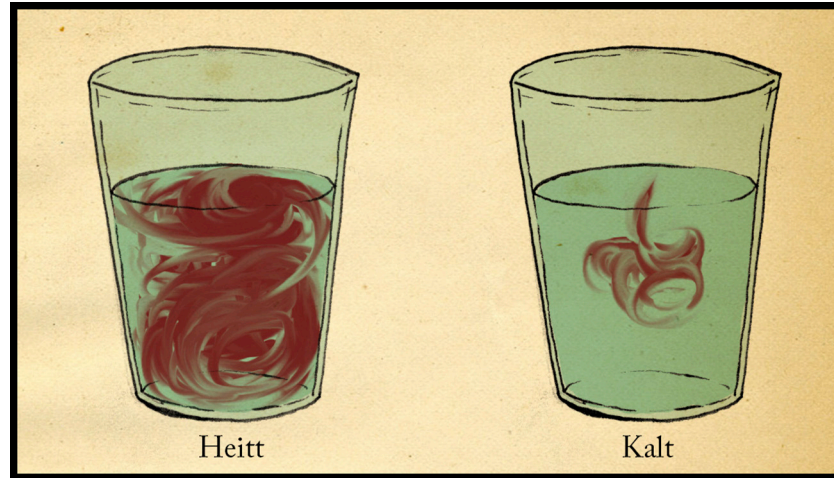
Allt efni er búið til úr litlum ögnum, **frumeindum**. Frumeindirnar eru mjög litlar og efnafræðingar ganga út frá því að þær séu litlar kúlur, (sjá mynd). Ítarlegar rannsóknir á frumeindum hafa leitt í ljós að mismunandi frumefni hafa mjög mismunandi lögun. Frumeindir geta tengst innbyrðis og myndað litlar og stórar keðjur frumeinda sem kallast **sameindir**.

## Sameindirnar eru sífellt á hreyfingu

Það getur verið erfitt að ímynda sér að efni séu úr þessum sameindum vegna þess að við sjáum hvorki sameindirnar né frumeindirnar sem þær eru búnar til úr. Þetta hefur þó reynst mjög gagnleg hugmynd í vísindum, einkum í efnafræði. Það eru margir hlutir í náttúruvísindum sem eru ekki áþreifanlegir og því nauðsynlegt að geta beitt ímyndunaraflinu. Annað sem er mikilvægt að vita er að sameindir eru á sífellari hreyfingu. Þær hreyfa sig á mismiklum hraða. Sameindirnar eru yfirleitt svo nálægt hver annarri að þær rekast stöðugt á þannig að hreyfing þeirra er titringur fram og tilbaka. Við hvernig aðstæður ætli þær hreyfi sig hraðast?

Gerum stutta athugun til að skoða óbeint hreyfingu sameinda. Tökum tvö glös og fyllum þau bæði af vatni. Annað með köldu kranavatni og hitt með heitu kranavatni. Látum glösin standa kyrr í mínútu og setjum síðan þrjá dropa af matarlit í hvort glasið um sig og fylgjumst með.

Það er meiri hreyfing sameinda í heitara glasinu.



Ástæðan fyrir því að matarliturinn blandast heita vatninu hraðar en því kalda er sú að vatnssameindirnar í heita vatninu eru á mun meiri hreyfingu en þær í kalda vatninu. Sameindir í heitari efnum eru á meiri hreyfingu en í þeim kaldari.

Allt efni getur verið í þrennskonar ham, á föstu formi, í vökvaformi og á gasformi. Klaki er dæmi um efni á föstu formi sem er vatn á fljótandi formi og vatnsgufa á gasformi. Ef hreyfingar sameinda eru settar í samhengi við ham efna þá kemur í ljós að almennt gildir að hreyfing sameinda eykst við hækkad hitastig. Vatn ( $H_2O$ ) bráðnar við  $0\text{ }^\circ\text{C}$ , þá breytist það úr ís í vökva en við  $100\text{ }^\circ\text{C}$  byrjar það að sjóða, breytist úr vökva í gas, eða í vatnsgufu. Þessi hamskipti verða við breytingu á hitastigi og hreyfingar sameindanna í vatnsgufunni eru meiri en í ísnum. Ís er fast efni þar sem vatnssameindirnar eru fastar saman. Þegar ís hitnar fara sameindirnar í honum að hreyfast hraðar og hraðar. Að lokum hreyfast þær svo mikið að aðdráttarkraftarnir á milli þeirra geta ekki lengur haldið þeim föstum saman og ísinn fer að bráðna.

### Hitastig er mælikvarði á meðalhreyfiorku sameinda í efni

Tóm flaska er sett í frysti og tekin út eftir a.m.k. 30 mínútur. Flaskan er sett á borðplötu og tíukrónupeningur bleyttur öðru megin og lagður yfir stút flöskunnar. Fylgjumst með hvað gerist.

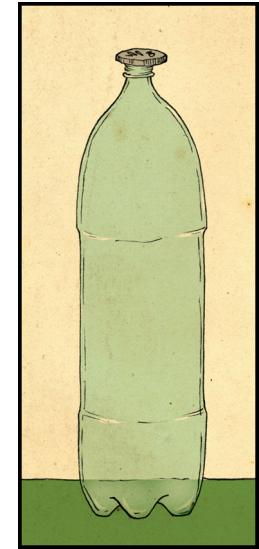
Þegar flaskan var tekin út úr frystinum hitnaði loftið inni í henni við það að koma í stofuhita. Með því að setja pening ofan á flöskuna þá var lokað fyrir loftið sem var ósýnilegt inn í flöskunni. Peningurinn var bleyttur til að þetta betur svo ekkert loft slyppi út. Hreyfing sameinda loftsins jókst við það að koma í heitara umhverfi og við það rekast þær oftar og með meiri krafti

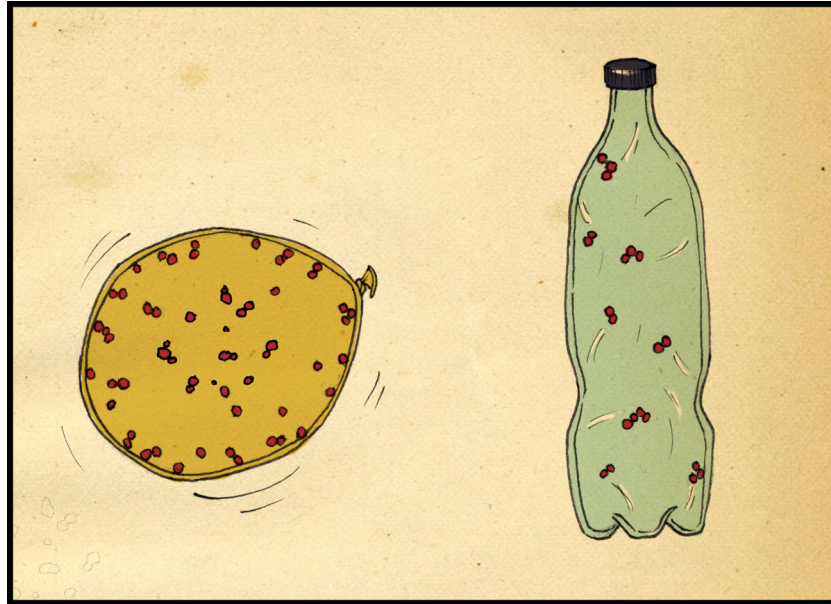
á peninginn. Við það að hreyfing sameindanna jókst þá jókst jafnframt krafturinn sem þær verkuðu með á peninginn. Sameindirnar náðu loksins að ýta með nógu stórum krafti á peninginn, þannig að hann fór að hreyfast. Sameindirnar rekast á allt innra yfirborð flöskunnar og við það eykst þrýstingurinn inn í henni. Þrýstingurinn í flöskunni er háður kraftinum sem sameindirnar verka með innan á flöskuna í öllum árekstrunum.

Hlutur sem er á hreyfingu býr yfir hreyfiorku og eftir því sem hlutur er á meiri hraða því meiri er hreyfiorka hans. Þegar við tókum flöskuna út úr frystinum og settum hana á borð við stofuhita drógu flaskan og loftið inni henni til sín varmaorku frá umhverfinu. Varmaorkan breyttist í hreyfiorku sameinda í flöskunni og við það jókst hreyfing þeirra. Með aukinni hreyfingu sameinda hækkar hitastig efna og meðalhreyfiorka sameindanna eykst. Hitastig er ekki eingöngu aðferð til að meta hvort hlutir séu heitir eða kaldir, heldur er hitastig mælikvarði á meðalhreyfiorku sameinda í efni.

### Varmaorkuflutningur tengist hreyfingu sameinda

Hægt er að skoða flutning varmaorku út frá hreyfingu sameinda. Með varmaleiðingu flyst varmaorkan með beinni snertingu efna. Sameindir í heitu efni sem hreyfast hratt rekast á sameindir annars efnis sem eru á minni hreyfingu. Þegar hraðfara eindir og hægfara eindir rekast saman jafnast hraðinn smátt og smátt og hluti af hreyfiorku sameinda heita efnisins flyst yfir til sameinda kaldara efnisins. Þetta gerist síðan aftur og aftur í miklum fjölda árekstra og þannig flyst varmaorkan á milli og kaldara efnið hitnar og það heitara kólnar. Í varmaburði er það loft eða vökvar sem flytja varmaorkuna á milli staða. Þegar loft kemur inn um glugga inn í herbergi þá hitnar það í nánd við ofn, sem oftast er staðsettur undir gluggum. Heita loftið stígur upp vegna þess að eðlismassi þess minnkar við aukna hreyfingu sameindanna. Þegar sameindir lofts fara á meiri hreyfingu eykst bilið á milli þeirra, þær fjarlægjast hver aðra og færri sameindir eru á tilteknu svæði. Við það minnkar eðlismassi loftsins. Í kjölfar þess myndast hringrás sem dreifir varmaorkunni um allt herbergið. Heita eðlislétta loftið færast yfir herbergið, kólnar við hinn enda herbergisins og ferðast eftir gólfinu til baka. Í varmageislun flyst varmaorkan á milli staða með ósýnilegum bylgjum. Sem dæmi má nefna að eindir í sólinni senda frá sér orku á formi bylgna. Við það hægja eindirnar á sér og hreyfiorka þeirra minnkar en bylgjurnar bera varmaorku í allar áttir frá sólinni. Þessar bylgjur lenda á sameindum efnis, meðal annars hér á jörðinni sem auka hraða sinn þannig að hreyfiorka þeirra vex og efnið hér hitnar.





## Hitapensla

Fyrir í kaflanum var það nefnt að efnið inni í hitamælum þenst út við hækkað hitastig. Ástæðan fyrir því er að við hitastigshækkunina fara sameindir efnisins á meiri hreyfingu og við það ýta þær hver annarri meira frá sér. Þegar hitastigið lækkar síðan hægja sameindirnar á sér og ýta minna við sameindunum í kring. Sameindirnar komast því nær hver annarri og efnið dregst saman við lækkandi hitastig.

Bláðra fyllt með vatni þenst út í örbylgjuofni þegar kveikt hefur verið á honum. Þetta gerist vegna þess að sameindir vatnsins fá aukna hreyfiorku við hærri hitastig. Með öðrum orðum, sameindir vatnsins fara að ýta á vegg blöðrunnar. Þegar slökkt er á ofninum dregst blaðran aftur saman. Flest föst efni og vökvar þenjast út við aukið hitastig, sameindirnar fara á meiri hreyfingu, innihalda meiri hreyfiorku og taka því meira pláss. (Frá reglunni um að efni þenjast út við hækkanði hitastig eru þó undantekningar, t.d. vatn á bilinu 0 °C til 4 °C. Þessi undantekning stafar af því hvernig vatnssameindir eru í laginu og því hvernig þær raða sér saman þegar þær festast saman við það að vatnið frýs). Ekki þenst þó allt efni út við hærri hitastig. Þegar gas hitnar þenst það út ef aðstæður leyfa. Ef gas er hins vegar hitað í lokuðu rými sem ekki getur stækkað þá þenst það ekki út heldur fara sameindirnar á meiri hreyfingu og hreyfiorkan eykst. Sameindirnar rekast þá með meiri hraða á vegg ílátsins og þrýstingurinn vex. Ef ílátíð sem gasið er í getur hins vegar gefið eftir, eins og blaðra, þá eykst rýmið og blaðran þenst út.

## VERKEFNI/UMRÆÐUR

1. Hvernig tengist hitastig hreyfingu sameinda?
2. Hvernig tengjast sameindir varmaburðinum í venjulegum herbergjum?
3. Útskýrðu hitaþenslu.

### Samantekt úr kafla 3

**Hitastig** er hugtak sem lýsir því hversu heitur eða kaldur hlutur er. Hitastig tengist þeirri orku sem býr í viðkomandi efni eða hlut.

**Hitamælar** ákvarða nákvæmt hitastig hluta.

**Lægsta hitastig** sem hægt er að mæla er -273 °C eða alkul.

**Varmaorka** er sú orka sem hlutur hefur vegna þess að hann er heitur. Varmaorka er háð magni efna.

Þegar efni fær til sín varmaorku þá annað hvort **hækkar hitastig** efnisins eða það breytir um **ham**.

Varmaorkan flyst frá heitari hlutum til þeirra kaldari. Þetta gerist eftir þremur leiðum, **varmaleiðingu**, **varmaburði** eða **varmageislun**.

**Eðlisvarmi** efna segir til um hversu vel þau geta tekið við varmaorku.

**Hitastig** er mælikvarði á meðalhreyfiorku sameinda í efni.





Hvernig getur brúin þolað þyngd heillar farþegaþotu?

## 4 Kraftar í vökvum og lofti

### Efni kaflans

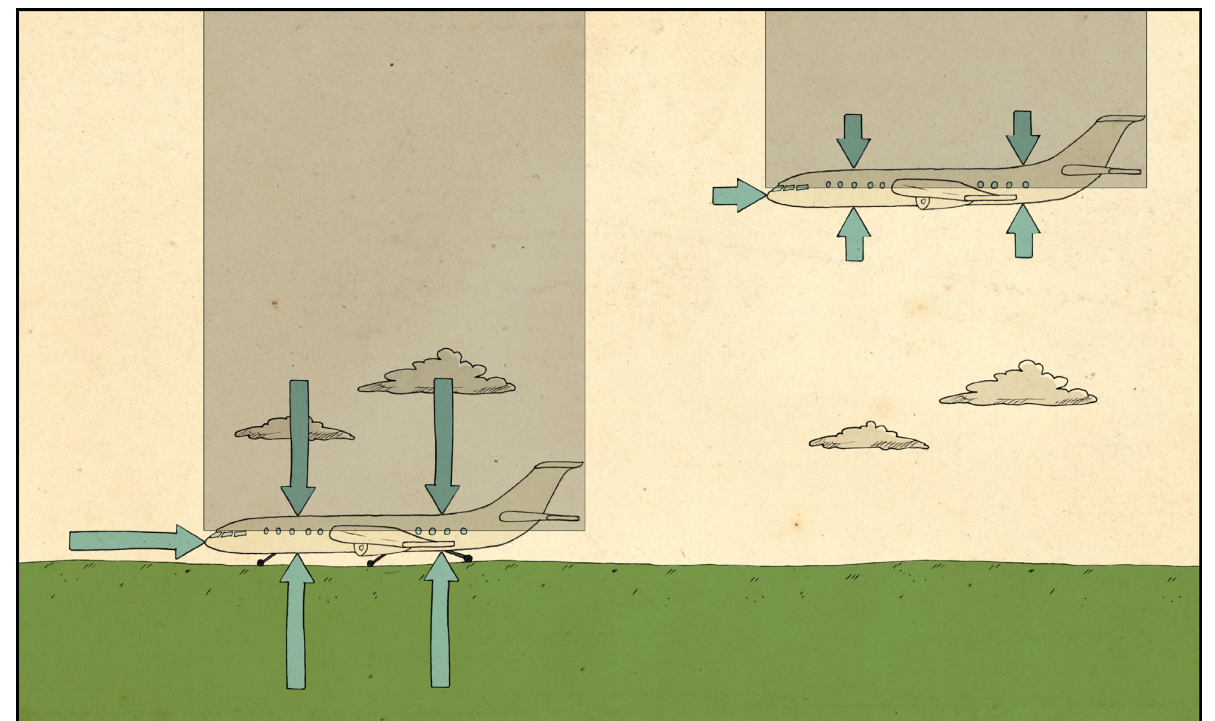
- 4.1 Þrýstingur í vökvum og lofti.
- 4.2 Vökvaknúnar vélar.
- 4.3 Flotkraftur og lögmál Arkimedesar.
- 4.4 Lögmál Bernoullis.

### Markmið

- Nemandi á að
- ... geta tengt hugtakið þrýsting við fyrirbæri í daglegu lífi
- ... átta sig á hvernig þrýstingur breytist með hæð
- ... skilja verkun krafta í vökvaknúnum tækjum
- ... kynnast hugtökunum flotkraftur, eðlismassi og lögmáli Arkimedesar
- ... átta sig á tengslum hraða og þrýstings í lögmáli Bernoullis

## 4.1 Þrýstingur í vökvum og lofti

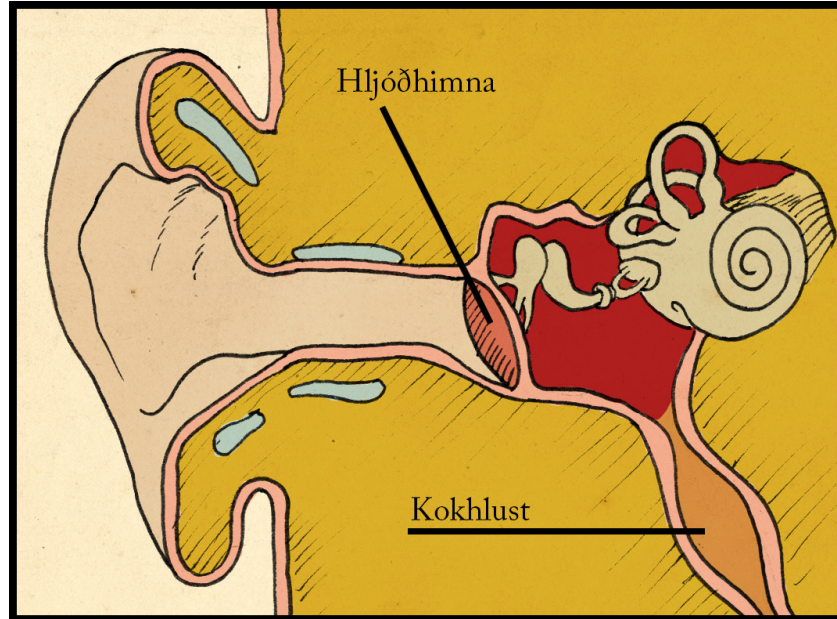
Þrýstingur er hugtak sem kemur oft við sögu í daglegu lífi. Til dæmis er mikilvægt að hafa réttan þrýsting á lofti í bíldekkjum til þess að lágmarka orkueyðslu og auðvelda akstur. Þegar það er of lint í dekkjunum þá eyðir bíllinn meira eldsneyti. Annað dæmi um þrýsting er loftþrýstingur í andrúmsloftinu. Þar sem farþegaþotur fljúga í um það bil 10 km hæð er loftþrýstingurinn minni heldur en við yfirborð jarðar.



Þegar farþegaþota er á jörðu niðri er meira af lofti fyrir ofan hana en þegar hún er á flugi í 10 kílómetra hæð. Þyngdin á loftinu veldur því að þrýstingurinn er meiri við yfirborð jarðar.

### Við fáum hellu fyrir eyrun vegna þrýstingsbreytinga

Flestir hafa fengið hellu fyrir eyrun við það að fara á loft í flugvél eða aka upp langa brekku. Við þessar aðstæður lækkar loftþrýstingurinn utan við hljóðhimnuna hraðar en þrýstingurinn innan við hana. Þá þenst hljóðhimnan út og við fáum hellu. Með því að tryggja eitthvað þá opnum við leið fyrir loft eftir kokhlustinni frá hálsinum upp í eyrað innan við hljóðhimnuna. Þrýstingurinn jafnast út og verður sá sami inni í eyranu og utan þess og hljóðhimnan fer í eðlilega stöðu.



### UMRÆÐUEFNI

Hvers vegna er gott að staðsetja hitaveitu- og vatnstanka uppi á hæð?

### Kraftur og flatarmál hafa áhrif á þrýsting

Þrýstingur eykst eftir því sem krafturinn verður meiri. Þetta má sjá þegar við notum hamar til þess að reka nagla í vegg. Krafturinn frá högginu eykur þrýstinginn við odd naglans sem stingst inn í vegginn. Flatarmál svæðisins þar sem krafturinn verkar skiptir einnig máli. Af hverju getur skíðagöngumaður rennt sér ofan á snjónum á meðan fólk í gönguskóm sekkur upp að hnjám? Flatarmálið undir skíðunum er margfalt meira en flatarmálið undir gönguskóm. Þyngdarkrafturinn frá skíðagöngumanninum dreifist yfir stórt svæði og þrýstingurinn verður það lítill að hann getur flotið á skíðunum efst í snjónum.



### JAFNA FYRIR ÞRÝSTING

Jafna fyrir þrýsting segir okkur hve mikill kraftur verkar á tiltekið flatarmál:

$$\text{þrýstingur} = \frac{\text{kraftur}}{\text{flatarmál}}$$

$$p = \frac{F}{A}$$

$p$  er táknið fyrir þrýsting,  $F$  fyrir vinnu og  $A$  fyrir flatarmál.

SI mælieiningin fyrir þrýsting er Pascal sem er táknað með Pa.

Bókstafurinn  $F$  táknað kraft og er í einingunni njúton (N). Bókstafurinn  $A$  táknað flatarmál og er í einingunni fermetrar ( $m^2$ ).

Flatarmálið undir skíðunum er margfalt meira en undir skónum. Þrýstingurinn verður því miklu minni undir skíðunum og þess vegna sekkur skíðafólk ekki á kaf í snjóinn.

### VERKLEG ATHUGUN

Hægt er að skoða áhrif á þrýsting þegar annað hvort krafti eða flatarmáli er breytt. Hægt er að breyta krafti en hafa flatarmálið sem hann verkar á óbreytt til dæmis með því stafla hlutum ofan á annan hlut. Dæmi um það hvernig er hægt að breyta flatarmáli, en hafa sama kraft áfram, er að leggja bók fyrst flata og svo með kjölinn niður. Ef farið er að öllu með gát geta nemendur prófað áhrif þessara breytinga á þrýstingnum með því að hafa höndina undir hlutunum.

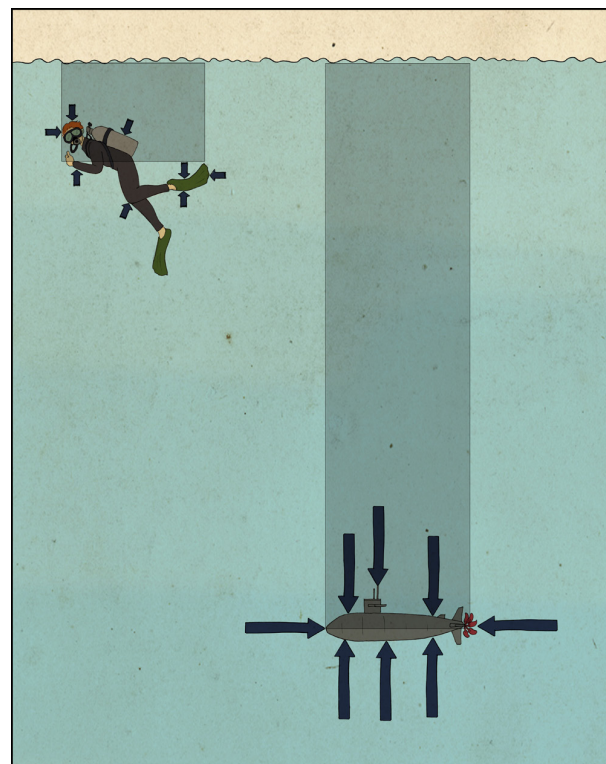


Hvers vegna er neðri gosbunan lengri en sú efri?

Í hafinu eykst þrýstingurinn eftir því sem neðar dregur. Þegar farið er niður á við er sífellt meira vatn fyrir ofan sem verkar með þyngdarkrafti niður á við. Á 10 metra dýpi í vatni er tvöfalt meiri þrýstingur en við yfirborðið. Þegar við sjúgum vökva í gegnum rör látum við kjálkann síga þannig að það verður meira pláss í munnum. Munnurinn er lokaður og því minnkar þrýstingurinn þegar sama magn af lofti dreifist um stærra rými. Þegar þrýstingurinn er orðinn minni í munnum en loftþrýstingurinn í andrúmsloftinu í kringum okkur þá ýtir andrúmsloftið fyrir utan vökvanum upp í gegnum rörið. Við notum því engan sérstakan kraft þegar við sjúgum upp vökva, loftþrýstingurinn sér um að færa vökvann frá meiri þrýstingi í andrúmsloftinu upp í munninn þar sem þrýstingurinn er minni! Hins vegar þurfum við að nota vöðvana í kringum munninn til þess að minnka þrýstinginn.

Ryksuga byggir á sama lögmáli og að sjúga upp drykk með sogröri. Í ryksugunni er vifta sem snýst og dælir lofti út úr henni. Við það verður þrýstingurinn inni í ryksugunni minni en í andrúmsloftinu í kring. Andrúmsloftið streymir frá meiri þrýstingi utan ryksugunnar í átt að minni þrýstingi inni í ryksugunni. Í leiðinni ýtir andrúmsloftið ryki og óhreinindum inn í ryksuguna.

Þrýstingurinn vex eftir því sem farið er niður á meira dýpi í hafinu. Vatnssúlan er hærrí og þyngri fyrir ofan kafbátinn og þess vegna verður hann fyrir meiri þrýstingi en kafarinn.



## VERKLEG ATHUGUN

### Að sjúga upp vökva

Hefur þú athugað hvað gerist þegar þú sýgur upp drykk í gegnum sogrör? Ef þú ert ekki með sogrör við höndina getur þú samt hreyft munninn eins og þú sért að sjúga upp drykk. Hvaða áhrif hefur soghreyfingin á kinnarnar? Breytir það einhverju ef drykkurinn er seigur og þykkur (til dæmis safi úr ávaxtapressu eða þykkur mjólkurhristingur)?



Til þess að sjúga upp vökva þá minnkum við þrýstinginn í munnum. Andrúmsloftið ýtir þá á meiri krafti á vökvann en loftið inni í munnum og vökvinn ýtist upp í munninn.



Hamarshöllin í Hveragerði er loftborið hús. Þrýstingurinn innandyra er örlítið hærrí en loftþrýstingurinn fyrir utan. Þetta skapar þrýsting út á við sem nægir til þess að halda húsinu uppi svo það falli ekki saman. Íþróttahús af þessu tagi er mun ódýrara í byggingu en hefðbundið íþróttahús.

## VERKEFNI/UMRÆÐUR

1. Hvernig breytist þrýstingur með hæð eftir því sem við förum ofar í andrúmsloftinu? En með dýpi ef við köfum niður á við í vatni eða sjó?
2. Hvers vegna hleypir fólk á jeppum oft lofti úr dekkjunum þegar það ekur ofan á snjó á veturna eða uppi á jökli? Hvernig breytist útlit dekkjanna?

## 4.2 Vökvaknúnar vélar

Þrýstingur í lofti og vökva verkar í allar áttir. Það er hins vegar mjög mismunandi hvernig gengur að þjappa efnum saman. Það er lengi hægt að dæla meira lofti í bíldekk því loft þjappast ágætlega saman. En hvernig gengur að þjappa saman vökva? Við skulum skoða það atriði nánar.

Í athuguninni hér til hliðar sést að vatnið þjappast ekki saman heldur verkar þrýstingur frá vatninu á móti hreyfingunni. Sami þrýstingur verkar einnig á allar hliðar flöskunnar.

### VERKLEG ATHUGUN

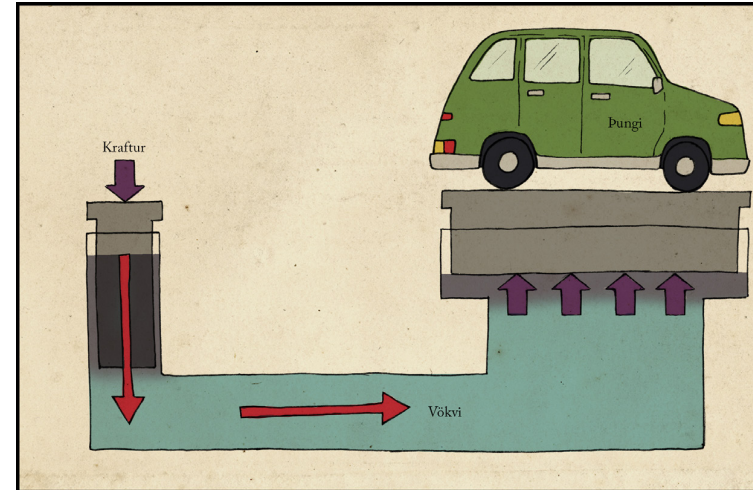
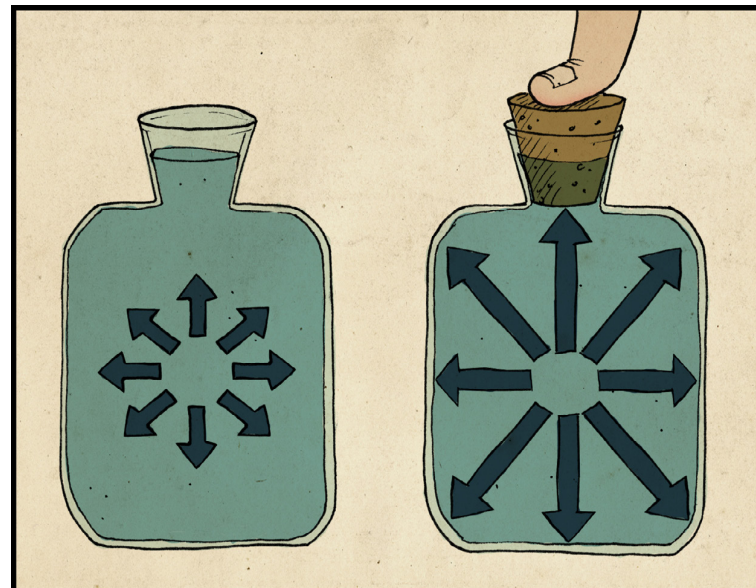
Taktu tóma flösku og fylltu hana af vatni upp í flöskustútinn. Prófaðu síðan að ýta tappa eða fingri ofan í stútinn á flöskunni þannig að vatnið geti ekki runnið framhjá. Hvað gerist?

Vatn og aðrir vökvar þjappast lítið sem ekkert saman. Þess vegna er ekki hægt að ýta tappanum ofan í vatnið því það þrýstir með sama krafti á móti.

### Þrýstingurinn dreifist jafnt um allar hliðar vökvans

Eiginleiki vökva að dreifa þrýstingi jafnt til allra hliða nýtist vel í vökvahemlum í bílum, lyfturum og ýmsum öðrum vélum. Við ýtum litlu stykki ofan í vökva. Vökvinn færir til og lyftir upp miklu stærra stykki annars staðar með margfalt meiri krafti. Hér er lykilaatriði að vökvinn ýtir alls staðar með sama þrýstingi. Þrýstingur er kraftur á flatarmál og þess vegna verkar margfalt meiri kraftur á stóran flöt en lítinn flöt þegar þrýstingurinn er sá sami alls staðar í vökvunum.

Ef svæðið þar sem vökvinn ýtir upp er 100 sinnum stærra en svæðið þar sem vökvinn ýtir niður þá verkar 100 sinnum meiri kraftur á flötinn sem ýtir upp. Þetta er dæmi um það hvernig nota má einfalda vél til að margfalda kraft.



Í vökvalyftu er sami þrýstingur alls staðar í vökvunum. Hún virkar þannig að hægt er að ýta með litlum krafti á lítinn flöt til þess að lyfta þungum hlut á stærra floti.

### UMRÆÐUEFNI

Í kaflanum er sagt frá vökvahemlum og vökvalyftu sem dæmi um vökvaknúnar vélar. Dettur þér í hug einhver önnur tæki eða vélar sem nota vökva til þess að flytja kraft?

## 4.3 Flotkraftur og lögmál Arkimedesar

Hefurðu einhvern tíma velt því fyrir þér af hverju blaðra full af eðlisléttu gasi eins og helíni svífur í andrúmsloftinu? Yfirleitt falla hlutir beint til jarðar en á uppblásna helínblöðru virkar kraftur sem er stærri en þyngdarkrafturinn og lyftir blöðrunni upp á við. Þessi kraftur nefnist flotkraftur en hann verkar á hluti í vökva og lofti og stefnir upp á við. Uppblásinn hringur flýtur í sundlaug því flotkrafturinn á hann er stærri en þyngdarkrafturinn. Járnlóð sekkur hins vegar til botns vegna þess að þyngdarkrafturinn á lóðið niður á við er stærri en flotkrafturinn upp á við.

### Flotkraftur hefur áhrif á alla hluti í vökva eða lofti

Flotkraftur hefur áhrif á alla hluti í vökva eða lofti, hvort sem þeir eru léttir eða þungir. Við finnum áhrif frá þessum flotkrafti þegar við höldum á annarri manneskju í sundi. Það er miklu auðveldara að halda á henni á meðan hún er ofan í vatninu en þegar hún er komin upp úr því. En hvað hefur áhrif á flotkraftinn? Nokkrir vinir í sumarbústaðarferð velta þessu atriði fyrir sér.



Bjarni finnur greinilega fyrir flotkrafti á meðan hann er ofan í vatninu sem léttir undir með honum. Vinir hans nefna þrjú atriði sem gætu haft áhrif á flotkraftinn. Hvað heldur þú að skipti mestu máli: loftið í lungunum, kraftur frá vatninu upp á við eða hvort salti hafi verið bætt út í vatnið?

### Hvað hefur mest áhrif á það að hlutir fljóta?

Við skulum skoða nánar hugmyndirnar frá vinum Bjarna. Fyrst eru það lungun sem rúma nokkra lítra af lofti. Þegar við fyllum þau af lofti þá verður auðveldara fyrir okkur að fljóta í vatni. Lungun eru hins vegar frekar lítil í samanburði við allan líkamann og því er loftið í lungunum ekki aðalatriðið á bak við flotkraftinn sem virkar á líkama Bjarna.

Saltmagn er annað atriði sem getur haft áhrif á hvort hlutir fljóta. Ef vatnið inniheldur mikið af salti eins og í Dauðahafinu, þarf fólk ekki einu sinni vindsæng til þess að fljóta í vatninu. Saltið eykur eðlismassa vatnsins svo mikið að mannslíkaminn verður eðlisléttari en vatnið. Í hafinu umhverfis Ísland er tíu sinnum lægra hlutfall af salti en í Dauðahafinu. Saltmagnið í sjónum hér við land hefur þess vegna lítil áhrif á það hvort hlutir fljóta eða ekki.

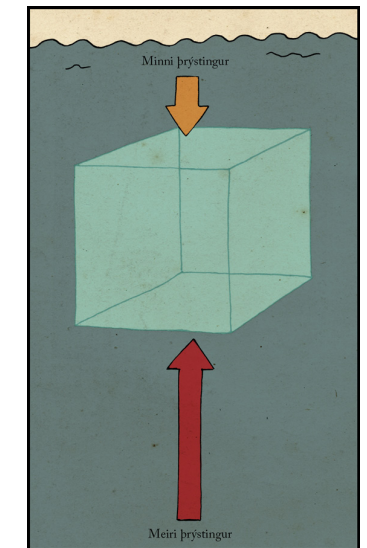


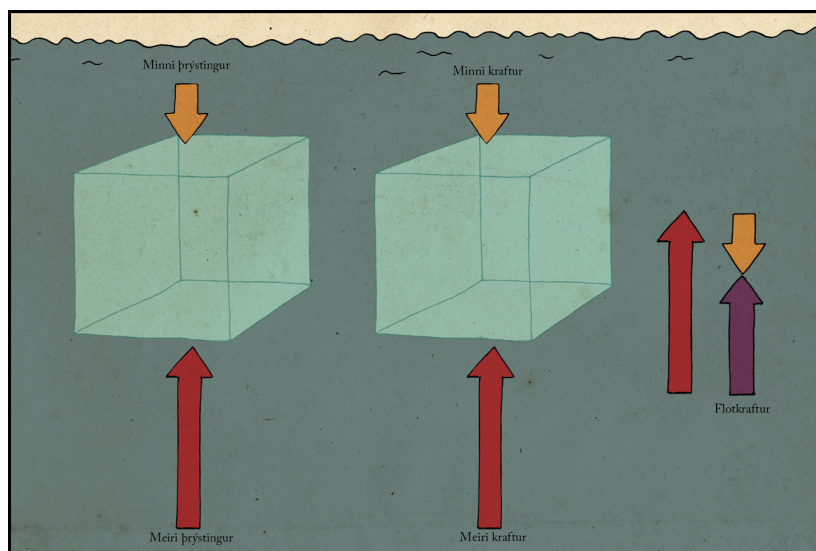
Saltmagnið í Dauðahafinu er svo mikið að fólk getur flotið án þess að nota vindsæng.

Þriðja uppástungan er sú að flotkrafturinn komi frá vatninu og ýti Bjarna upp á við. Þetta er alveg rétt og er helsta ástæða þess að við léttumst við það að fara ofan í vatn.

### Flotkraftur verkar af því að þrýstingur breytist með hæð

Við höfum áður kynnst því hvernig þrýstingurinn vex eftir því sem farið er neðar í hafinu eða lofthjúpnum. Ef við setjum hlut eins og kassa ofan í vatn þá er meiri þrýstingur á neðri hluta kassans heldur en efri hlutann.





Þrýstingurinn frá vatninu vex eftir því sem farið er niður á meira dýpi. Krafturinn frá vatninu er þess vegna meiri á neðri hlið kassans en á efri. Flotkrafturinn er mismunurinn á kröftunum ofan á og undir kassann og stefnir upp á við.

Samkvæmt skilgreiningu þrýstings er hann kraftur á flatarmál. Því er krafturinn frá vatninu stærri á neðri hlið kassans en á efri hliðina vegna þess að þrýstingurinn vex eftir því sem farið er niður á við. Sama gildir almennt um hluti í lofti eða vökva: Krafturinn sem verkar á þá að neðanverðu er meiri heldur en krafturinn sem verkar á þá að ofanverðu.

Af hverju ætli sumir hlutir sökkvi og aðrir fljóti? Til þess að svara þessari spurningu skulum við skoða mikilvægt lögmál í eðlisfræði sem er kennt við Grikkjann Arkimedes.

### Lögmál Arkimedesar segir að hlutir léttist í vökva eða lofti

Þegar hlutur er ofan í vökva þá ryður hann frá sér hluta af vökvanum. Lögmál Arkimedesar segir að hlutur léttist um þyngd þess vökva sem hann ýtir frá sér. Til þess að sjá hvernig þetta lögmál virkar getum við skoðað nokkur dæmi. Fyrir í kaflanum tókum við dæmi um Bjarna sem virkaði léttari af því að hann sat í heitum potti. Bjarni virðist léttari vegna þess að vatnið verkar með flotkrafti á hann. Bjarni ýtti frá sér vatni þegar hann fór ofan í heita pottinn og léttist um þyngd vatnsins sem hann ýtti frá sér.

### Eðlismassi ræður því hvort hlutur flýtur eða sekkur

Til þess að hlutur geti flotið í vökva þarf hann að ryðja frá sér vökva sem hefur sama massa og hluturinn sjálfur. Til þess að það sé mögulegt þá þarf hluturinn að hafa eðlismassa sem er minni eða jafn eðlismassa vökvans.

Bókstafurinn  $m$  tákna massa í kílógrömmum (kg) og bókstafurinn  $V$  tákna rúmmál í rúmmetrum ( $m^3$ ). Mælieiningin fyrir eðlismassann  $E$  verður því kílógrömm á rúmmetra ( $kg/m^3$ ) samkvæmt SI einingakerfinu. Í efnafræði er oft notuð einingin grömm á rúmsentímetra ( $g/cm^3$ ). Það er hægt að nota báðar aðferðirnar en þá verður að gæta þess að nota réttar einingar í útreikningum og að skrifa mælieininguna fyrir aftan eðlismassann.

Eðlismassa vatns má tákna sem  $e_{\text{vatn}} = 1.000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ g/cm}^3$

Jafnan fyrir eðlismassa vatns segir að einn rúmmetri ( $1 \text{ m}^3$ ) af vatni vegi 1.000 kg og að einn rúmsentímetri ( $1 \text{ cm}^3$ ) af vatni vegi 1 g.

**Eðlismassa má finna út frá massa og rúmmáli:**  

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

$$e = \frac{m}{V}$$
 e er táknið fyrir eðlismassa, m fyrir massa og V fyrir rúmmál.

#### Eðlismassi nokkurra efna

Efni	Eðlismassi
Viður	um 0,6 g/cm <sup>3</sup> (misjafnt eftir tegundum)
Olía	um 0,85 g/cm <sup>3</sup> (misjafnt eftir tegundum)
Ís	0,92 g/cm <sup>3</sup>
Vatn	1 g/cm <sup>3</sup>
Ál	2,7 g/cm <sup>3</sup>
Járn	7,9 g/cm <sup>3</sup>
Kvikasilfur	13,5 g/cm <sup>3</sup>
Gull	19,3 g/cm <sup>3</sup>

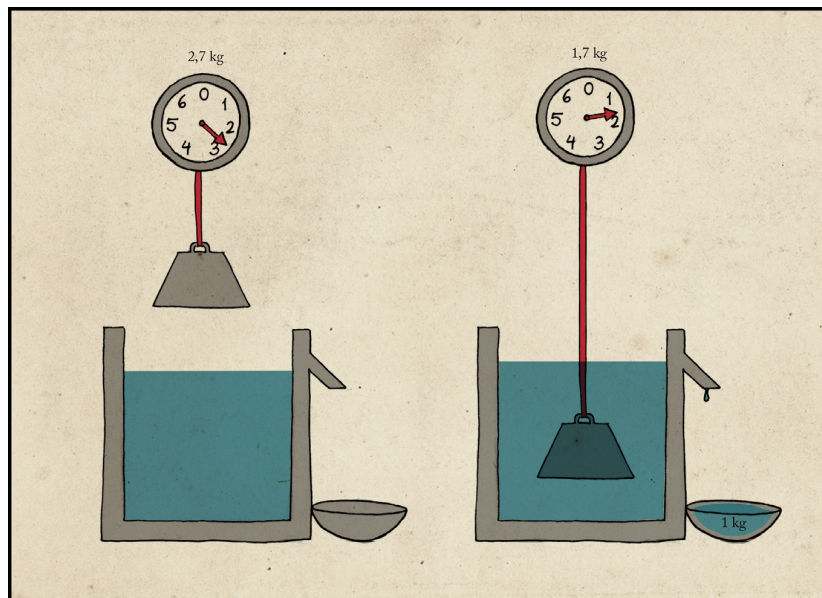
#### VERKLEG ATHUGUN

#### Flýtur hluturinn eða sekkur hann?

Þessa athugun er hægt að framkvæma í skólanum eða heimavið. Fyrst er safnað saman nokkrum hlutum sem mega blotna og eru ólíkir í laginu og miðþungir. Með því að láta vatn renna í eldhúsvask eða stóran, gegnsæjan plastbala er hægt að athuga hvort hlutirnir sökkvi eða ekki. Fyrir hvern hlut skuluð þið fyrst svara spurningunni: Flýtur hluturinn eða sekkur hann? Svárið kemur í ljós þegar hluturinn er settur út í vatnið. Af hverju sökkva sumir hlutirnir á meðan aðrir fljóta?

## Munur á lóði og ísmola í vatni

Þegar við setjum lóð ofan í vatn þá sekkur það til botns. Málmurinn er eðlisþyngri en vatn og því er þyngdarkrafturinn á lóðið stærri en flotkrafturinn. Með því að hengja lóðið í gormvog getum við séð að það léttist samt um þyngd þess vatns sem það ryður frá sér.



Lögmál Arkimedesar segir að lóð léttist jafnmikið og þyngd vökvans sem það ryður frá sér.

Ís hefur minni eðlismassa en fljótandi vatn. Þegar við ýtum ísmola ofan í vatn þá flýtur hann upp á yfirborðið. Hvernig ætli sé hægt að skýra þetta út frá lögmáli Arkimedesar? Þegar ísmolinn er allur ofan í vatninu, ýtir hann frá sér vatni sem hefur meiri massa en ísmolinn. Flotkrafturinn á ísmolann ofan í vatninu er stærri en þyngdarkrafturinn. Ísinn flýtur þess vegna upp á við.



Ástæðan fyrir því að ís flýtur á vatni er sú að ís hefur minni eðlismassa en vatn. Langstærsti hluti íssins er undir yfirborðinu, en aðeins 1/9 hans nær upp úr vatninu.

## Flotkraftur verkar einnig á hluti í lofti

Uppblásin helínblaðra svífur upp á við vegna þess að hún er eðlisléttari en andrúmsloftið í kringum hana. Hins vegar hefur flotkrafturinn frá andrúmsloftinu nánast engin áhrif á okkur vegna þess hvað andrúmsloftið er eðlislétt í samanburði við mannlíkamann.



Blöðrur fylltar helíni svífa vegna þess að helínið hefur minni eðlismassa en andrúmsloftið. Flotkrafturinn á blöðrunar upp á við verður því stærri en þyngdarkrafturinn niður á við.

Sagan segir að konungurinn í Sýrakúsu á Sikiley hafi látið smíða gullkórónu handa sér. Konungurinn grunaði gullsmiðinn um að hafa blandað silfri við gullið í kórónunni og stolið hluta af gullinu. Stærðfræðingurinn Arkimedes sem bjó í borginni frétti af þessum grunsemdum konungsins og velti vandamálinu fyrir sér. Dag nokkurn fékk hann hugljómun þegar hann steig ofan í bað og sá að það hækkaði í baðinu. Arkimedes áttaði sig þá á því að sá hluti líkamans sem var ofan í vatninu ruddi frá sér jafnstóru rúmmáli af vatni. Honum varð ljóst að hann gæti mælt rúmmál allra hluta með því að dýfa þeim ofan í vatn og sjá hve mikið hækkaði í ílátinu. Hann hljóp nakinn út á götu og hrópaði „Evreka!“ (Ég hef fundið það!). Þegar búið var að finna rúmmál kórónunnar var auðvelt að vigta hana og sjá út frá eðlismassanum hvort hún var úr hreinu gulli.



### ••••• VERKEFNI/UMRÆÐUR •••••

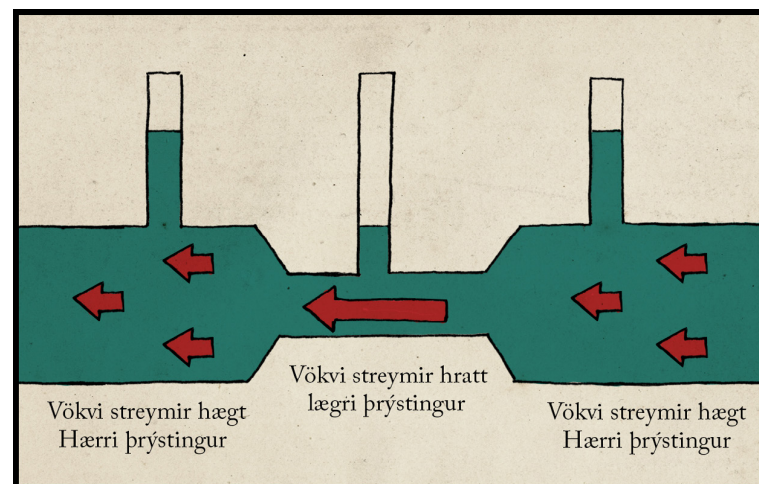
1. Hvernig geta skip úr jární siglt án þess að sökkva?
2. Ef olía lekur úr skipi út í sjó, hvað verður um olíuna? Blandast olían vatninu eða liggur annað efnið ofan á hinu? Taflan í kaflanum sem sýnir eðlismassa efna getur komið að gagni við að svara þessari spurningu. Hvaða áhrif getur olíuleki á sjó haft á fuglalíf?
3. Í kafbátum eru sérstakir tankar sem hægt er að fylla og tæma af sjó. Hvernig er hægt að koma kafbáti upp á yfirborðið?

## 4.4 Lögmál Bernoullis

Lögmál Bernoullis fjallar um samband þrýstings og straumhraða í lofti eða vökva. Samkvæmt lögmálinu þá minnkar þrýstingur í vökva eða lofti þegar efnið er á hreyfingu. Ef hraðinn vex þá minnkar þrýstingurinn enn frekar.

Lögmál Bernoullis skýrir meðal annars af hverju hlutir geta sogast út um opinn bíglugga á ferð. Lögmálið svarar því einnig af hverju gúmmíöndin í baðkerinu leitar undir bununa þar sem er minni þrýstingur og af hverju regnhlífir nýtast ekki vel á Íslandi! Þegar vindurinn blæs yfir regnhlífinu þá myndast kraftur sem ýtir henni upp á við.

Það var svissneski eðlis- og stærðfræðingurinn Daniel Bernoulli sem fyrstur lýsti lögmálinu eftir að hafa fylgst með flæði vatns í pípu sem mjókkaði. Hann áttaði sig á því að til þess að sama magn af vatni gæti flætt um báða hluta pípunnar þá þyrfti vatnið að flæða hraðar í gegnum granna hlutann. Hann uppgötvaði einnig að þrýstingurinn er minni í granna hlutanum þar sem vatnið flæðir hraðar.



Vökvinn rennur hraðar um grennsta hluta rörsins. Vegna hraðans er þrýstingurinn lægstur í granna hlutanum. Þrýstingurinn þar nær því ekki að ýta vatninu jafnhátt upp og í breiðari hlutum rörsins þar sem þrýstingur vatnsins er hærrí.

## Lögmál Bernoullis verkar þegar blásið yfir blað

Lögmál Bernoullis gildir bæði um flæði í vökva og lofti og hægt er að sjá hvernig það virkar með því að gera einfalda tilraun.

## Blásið yfir blað

### VERKLEG ATHUGUN

Taktu A4 blað og færðu styttri hliðina varlega upp að neðri vör. Þyngdarkrafturinn verkar á blaðið og þess vegna sígur það niður. Þrýstingur frá andrúmsloftinu er sá sami á báðar hliðar blaðsins og hann hefur ekki sjáanleg áhrif á það. Prófaðu að blása niður eftir efri hlið blaðsins. Hvað gerist?



Þegar þú blæst eftir blaðinu þá myndast þar stöðugur loftstraumur. Þrýstingurinn minnkar fyrir ofan blaðið en er áfram sá sami á neðri hliðinni og blaðið lyftist upp á við í þá átt þar sem þrýstingurinn er minni.



## Hlutir sogast út um bílglugga

1. Hefur þú fundið hvernig loftið streymir framhjá bílglugga þegar bíllin er á ferð? Hefur þú lent í því að missa hlut út um bílglugga?
2. Blað sogast út um glugga skólastofu þegar vindurinn úti er mjög hvass. Hvernig er hægt að útskýra það með lögmáli Bernoullis?

Lögmál Bernoullis er einnig að verki þegar hlutir sogast út um bílglugga á mikilli ferð. Þegar bíllinn ekur hratt þá streymir loftið hratt meðfram bílglugganum óháð því hvort það er vindur úti eða ekki. Lögmál Bernoullis segir að þrýstingurinn minnki í lofti og vökva sem er á mikilli hreyfingu. Þrýstingur er því minni við opinn bílgluggann þar sem loftið streymir hratt en inni í bílnum þar sem loftið er miklu kyrrara. Þegar við sleppum hlut nálægt glugganum færast hann átt að minni þrýstingi við gluggann og þeytist út um hann.

### Samantekt úr kafla 4

**Þrýstingur** segir okkur hve mikill kraftur verkar á tiltekið flatarmál. **Flotkraftur** er krafturinn sem verkar upp á við á hluti í lofti eða vökva.

**Eðlismassi** segir til um hve mikill massi er í tilteknu rúmmáli. **Lögmál Arkímedesar** segir að hlutir léttist um þyngd þess vökva sem þeir ryðja frá sér.

**Vökvaknúnar vélar** færa kraft á milli staða í vökva. Þær nýta sér þá staðreynd að þrýstingurinn frá vökvanum er alls staðar sá sami. **Lögmál Bernoullis** segir að þrýstingur minnki þegar vökvi eða loft streyma hraðar.

### Stærðfræðileg nálgun í lok 4. kafla

Kassi sem vegur 100 kg ýtir með þyngdarkraftinum 980 N á gólfið undir kassanum. Flatarmálið á botni kassans er 0,5 m<sup>2</sup>. Hver er þrýstingurinn undir kassanum?

Ferningslaga málmblóð er 5 cm á kant og vegur 985 grömm. Hver er eðlismassi þess? Úr hvaða efni er lóðið líklega miðað við töflu yfir eðlismassa efna í kaflanum?

Sama málmblóð er sett út í vatn. Lóðið léttist um þyngd vatnsins sem það ýtir frá sér. Hvað verður lóðið þungt í vatninu?

Flatarmálið undir grískri súlu sem vegur 20 tonn er 1 m<sup>2</sup>. Hvað verkar mikill þyngdarkraftur frá súlunni á undirlagið? Hver er þrýstingurinn undir súlunni?

## Listi yfir teikningar ljósmyndir

Teikningar © Erla María Árnadóttir.

- Bls. 2. Sótt á <http://www.flickr.com/photos/kwarren/2458541762/>
- Bls. 3. Efst. Sótt á <http://en.wikipedia.org> CC. Í miðju. Sótt á <http://physicsb-2009-10.wikispaces.com> CC. Neðst. Sótt á <http://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery> NASA/JPL-Catech/R.Gehrz (University of Minnesota)
- Bls. 5. Sótt á [http://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image\\_feature\\_1604.html](http://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_1604.html)
- Bls. 6. Sótt á <http://grin.hq.nasa.gov> NASA.
- Bls. 7. Efst. Birt með leyfi Ulrich og Christian Lotzmann/NASA. N.t.h. Sótt á <http://www.hq.nasa.gov> NASA
- Bls. 9. Efri. Birt með leyfi Geoffrey Wheeler. Neðri. Sótt á <http://ukma.org.uk> UK Metric Association
- Bls. 10. Efri. Sótt á <http://deer-pond-observatoire.wikifoundry.com> CC. Neðri. Sótt á <http://www.nbcnews.com> Canadian Press, David Smith
- Bls. 11. Efri. Námsgagnastofnun/SW. Neðri. [www.halobattleguide.com/images/blog/XCanadaTrip/NS/CapeSplitDock\\_NS\\_BayOffFundy\\_IMG\\_8397.JPG](http://www.halobattleguide.com/images/blog/XCanadaTrip/NS/CapeSplitDock_NS_BayOffFundy_IMG_8397.JPG)
- Bls. 12. Efri. Sótt á <http://wikimedia.org> CC. Neðri. Sótt á <http://www.prlog.org> CC
- Bls. 14. T.v. Sótt á <http://apod.nasa.gov> NASA. T.h. Sótt á <http://en.wikipedia.org> CC
- Bls. 16. Sigtryggur Ari Jóhannsson
- Bls. 17. Námsgagnastofnun/SW
- Bls. 18. Efst. Mbl. Ómar Óskarsson. Í miðju. Istockphoto.com Anetta R. Neðst. Myndasafn KSÍ
- Bls. 19. Efst. Sótt 12.09.2013 af [http://www.wanderlust.co.uk/mywanderlust/members/fintown-trekker/photos/namibia\\_13607/2365](http://www.wanderlust.co.uk/mywanderlust/members/fintown-trekker/photos/namibia_13607/2365). Í miðju. Istockphoto.com, Bonnie Caron. Neðst. Steve Wall
- Bls. 20. Istockphoto.com, ISerg
- Bls. 21. Efst. Istockphoto.com, Leonsbox. Í miðju. Dreamstime.com, Intoit. Neðst. Bogfímifélag Íslands
- Bls. 22. Efst. <http://scottmaydaredevil.co.uk> Sótt 12.09.2013. Í miðju. Námsgagnastofnun/SW. Neðst. Mynd af verkinu Suspension eftir Bruce Gray, vefsíða: [www.brucegray.com](http://www.brucegray.com). Birt með leyfi Bruce Gray.
- Bls. 23. Dreamstime.com, Tomas Broucek
- Bls. 25. Clipart
- Bls. 26. [www.wikimedia.com](http://www.wikimedia.com) sótt 13.09.2013 af [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7d/Ur\\_chariot.jpg/1024px-Ur\\_chariot.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7d/Ur_chariot.jpg/1024px-Ur_chariot.jpg)
- Bls. 27. Birt með leyfi Ökukennarafélags Íslands.
- Bls. 28. sótt á: <http://www.nasa.gov>
- Bls. 29. Efri. Istockphoto.com, Martyw. Neðri. Dreamstime.com, Richard Thomas
- Bls. 30. Efst Istockphoto.com, Martinan. Í miðju. Dreamstime.com, Mark Fairey. Neðst. Námsgagnastofnun/SW
- Bls. 31. Efst Dreamstime.com, Francesco Carucci. Næst efst. Finnbogi Pétursson. Næst neðst. Dreamstime.com, Donna Kilday. Neðst. Wikimedia.org. Sótt 12.09.2013 af [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/54/Atomic\\_bombing\\_of\\_Japan.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/54/Atomic_bombing_of_Japan.jpg)
- Bls. 32. Námsgagnastofnun/SW
- Bls. 37. Istockphoto.com, TonisPan
- Bls. 38. Istockphoto.com, Erik de Graaf
- Bls. 39. Efri. Istockphoto.com, Saiko 3p. Neðri. Dreamstime.com.
- Bls. 43. Dreamstime.com, George Tsartsianidis
- Bls. 44. Efst. Dreamstime.com Alexey Poprotsky. Í miðju. Dreamstime.com, Vadim Yerofeyev. Neðst. Shutterstock.com
- Bls. 45. Dreamstime.com
- Bls. 47. Shutterstock.com
- Bls. 48. Shutterstock.com
- Bls. 49. Shutterstock.com
- Bls. 51. Shutterstock.com
- Bls. 62. © Holger Zengler
- Bls. 64. Shutterstock.com
- Bls. 67. © Valdimar Thorlacius
- Bls. 71. Shutterstock.com
- Bls. 74. Shutterstock.com
- Bls. 75. Shutterstock.com