

EDLISFRÆÐI 2



LITRÓF NÁTTÚRUNNAR

Lennart Undvall
Anders Karlsson

LITRÓF NÁTTÚRUNNAR ➔

EÐLISFRÆÐI 2



Hálfðan Ómar Hálfðanarson
þýddi og staðfærði

Lennart Undvall
Anders Karlsson

Eðlisfræði 2

ISBN 978-9979-0-1788-2

© 2013 Lennart Undvall, Anders Karlsson og Liber AB.

Heiti á frummálinu: Spektrum Fysik

ISBN 978-91-47-08596-5

© 2015 skýringamyndir: Liber AB

© 2015 staðfærðar teikningar á bls. 92–99: Halldór Baldursson

© 2015 íslensk þýðing og staðfæring: Hálfan Ómar Hálfðanarson

Ritstjóri: Tryggvi Jakobsson

Faglegur yfirllestur: Þorsteinn Vilhjálmsson og Ragnar Þór Pétursson

Ráðgjöf: Þorsteinn Gunnarsson

Málfarsyfirllestur: Ingólfur Steinsson og Þorgrímur Gestsson

1. útgáfa 2015

Námsgagnastofnun

Kópavogi

Skrá yfir réttthafa myndefnis er aftast í bókinni.

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

Umbrot: Lotta Rennéus, Patrik Sundström / Námsgagnastofnun

Prentun: Ísafoldarprentsmiðja ehf. – Umhverfisvottuð prentsmiðja

Formáli

Þessi bók er ein þriggja í flokki eðlisfræðibóka fyrir unglingastig grunnskóla sem eru þýddar úr sænsku og staðfærðar að íslensku skólakerfi og staðháttum. Heiti sænska flokksins er *Spektrum* sem á íslensku hefur fengið nafnið *Litróf náttúrunnar*. Áður hefur komið út *Eðlisfræði 1* og þrjár líffræðibækur, *Lífheimurinn*, *Maður og náttúra* og *Mannslíkaminn* úr sama flokki. Þetta eðlisfræðiefni kom allt út í nýrri, endurskoðaðri útgáfu í Svíþjóð árið 2013.

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

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

Fyrirhugað er að ljúka útgáfu bókana á árinu 2015, ásamt svörum við verkefnum og kaflaprófum. Efnið verður allt gefið út á hljóðbók. Bestu þakkir fyrir samstarfið fá þýðandinn, Hálfðan Ómar Hálfðanarson, yfirlesarar og aðrir þeir sem að þessu verki hafa komið.

Tryggvi Jakobsson
ritstjóri





Lestrarráð!

Kæri nemandi!

Allir námsmenn þurfa að temja sér góðar námsvenjur.

Hér eru góð ráð sem gætu hjálpað þér við lestur.

Áður en þú byrjar

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

Á meðan þú lest

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

Eftir lesturinn

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

Efnisyfirlit

1

Kraftur og hreyfing 6

- 1.1 Hreyfing 8
- 1.2 Kraftar breyta hreyfingu 12
- 1.3 Frjálst fall og brautir gervihnatta 22
- 1.4 Tregða og tækni 26
- Í BRENNIDEPLI 30
- Öryggi í umferðinni

2

Prýstingur 36

- 2.1 Prýstingur á föst efni 38
- 2.2 Prýstingur í vökum 43
- 2.3 Prýstingur í lofttegundum 48
- Í BRENNIDEPLI 53
- Prýstingur í líkamanum



3

Rafmagn og segulmagn 58

- 3.1 Spenna, straumur og viðnám 60
- 3.2 Segulmagn 65
- 3.3 Rafseglar 70
- Í BRENNIDEPLI 74
- Getur rafmagn valdið sjúkdómum?
- 3.4 Rafmótorar og raflar 76
- 3.5 Spennubreytar - hvernig vinna þeir? 82

4

Orka og afl 90

- 4.1 Eðlisfræðileg vinna 92
- 4.2 Aflfræðileg orka og afl 97
- 4.3 Raforka og afl 101
- Í BRENNIDEPLI 105
- Orkuframleiðsla og umhverfið





Umferðaröryggi er mikið rannsakað, meðal annars með árekstraprófunum. Með því að grandskoða ummerki á slysstað má oft komast að því hvernig slysið varð. Veistu hvað gerist ef þú ert í bíl sem lendir í árekstri og ert ekki í bílbelti?

1

KRAFTUR OG HREYFING

Allt hreyfist!

Jörðin, tunglið, fólk og dýr, bílar og skip – allt hreyfist þetta hvert miðað við annað. Maðurinn hefur velt því fyrir sér frá örófi alda hvernig þetta allt gerist og rannsakað hreyfingu og krafta í náttúrunni. Í rúmar þrjár aldir höfum við getað lýst því og útskýrt að það þarf kraft til að breyta hreyfingu. Sá sem uppgötvaði þetta var Englendingurinn Isaac Newton. Hann setti kenningar sínar um venslin milli hreyfingar og krafta fram í bók sinni *Stærðfræðilögmál náttúruspekinnar* í lok 17. aldar. Kenningar hans voru svo traustar að þær hafa enn mikið gildi.



Hversu lengi getur þú haldið jafnvægi á línu ef þú mátt ekki hreyfa hendurnar? Gengur það betur ef þú getur hreyft hendurnar að vild? Hvers vegna?



Nagladekk eru mikið notuð á Íslandi vegna hálu á vegum. Hvaða ókostir heldur þú að fylgi notkun nagladekkja?

Í ÞESSUM KAFLA LÆRIR ÞÚ

- að greina milli ólíkra krafta
- að kraftar leitast við að breyta hreyfingu, til dæmis hraða hennar eða stefnu
- hvernig aukin þekking okkar á kröftum og hreyfingu hefur haft viðtæk áhrif á líf okkar, til dæmis í tengslum við umferðaröryggi, þegar við skjótum gervihnöttum á loft og þegar við notum þvottavélar
- hvernig við getum notað mælitæki til þess að mæla vegalengd, hraða, tíma, kraft eða annað og komast að venslunum sem eru milli þessara stærða
- að nota eðlisfræðipekkingu á hreyfingu og kröftum til að útskýra hversdagsleg fyrirbæri, svo sem jafnvægi, tregðu og frjálst fall
- að ræða um ýmis samfélagsmál sem tengjast þekkingu á hreyfingu og krafti

EFNI KAFLANS

- 1.1 Hreyfing
 - 1.2 Kraftar breyta hreyfingu
 - 1.3 Frjálst fall og brautir gervihnatta
 - 1.4 Tregða og þvottavélar
- Í BRENNIDEPLI Öryggi í umferðinni

1.1 Hreyfing

Hver var fyrsta hreyfing þín í dag? Þú heldur kannski að það hafi verið þegar þú steigst fram úr rúminu í morgun. Það er þó ekki alls kostar rétt. Þú hreyfðist líka meðan þú svafst af því að jörðin snerist um möndul sinn og hún var auk þess á ferð um sólina. Eitt af því fyrsta sem menn lærðu í eðlisfræði var að lýsa hreyfingu hluta og reikna út hversu langan tíma tiltekið ferðalag tæki. Það kemur sér vel að búa yfir slíkri kunnáttu enn þann dag í dag.

Lífið er ferðalag

Fyrr á tímum fóru flestir Íslendingar ferða sinna annaðhvort gangandi eða ríðandi á hesti.

Nú þykir okkur sjálfsagt að geta ferðast með strætisvagni eða á einkabíl milli staða. Hversu lengi hefur þetta verið svona? Hversu langt aftur þarft þú að fara í ætt þinni til þess að hitta ættingja sem þurfti að ganga eða fara ríðandi á hesti milli staða? Yfirleitt nægir að fara aftur um þrjár til fjórar kynslóðir. Þá fóru menn líka á bátum og skipum milli staða í sumum landshlutum.

Áður tók það tvo daga hið minnsta að fara ríðandi á hesti frá Reykjavík til Akraness. Nú fara menn milli þessara staða í bíl á rúmum hálf tíma en á rúmum klukkutíma ef ekki er farið um Hvalfjarðargöngin.

Þegar áætlunarsiglingar voru milli staðanna tók sjóferðin eina klukkustund. Ef við förum í bíl getum við slegið ákvörðunarstaðinn inn í stafrænt leiðsögutæki (GPS-tæki) og fengið út áætlaðan komutíma. Það er fyrst og fremst þróun eðlisfræðinnar að þakka að þessu hefur farið svona fram. Þetta snýst allt um að þekkja vegalengdina, hraðann og tímann og hvernig þessar stærðir tengjast saman. Þessi þekking, ásamt kunnáttu á öðrum sviðum, gerir okkur kleift að búa til ýmis hjálpartæki, svo sem hraðamæla, stafræn kort og aksturstölvur. Ferðir milli staða eru mikilvægur þáttur í lífi okkar sem lífum á 21. öldinni.

Við hjólum í skólann eða í vinnuna, förum með strætó eða í bíl í heimsókn til ættingja og vina og fljúgum til landa sem eru hinum megin á hnettinum.



Menn hafa rannsakað hreyfingu frá örófi alda

Nú getum við valið milli miklu fjölbreyttari ferðamáta en nokkru sinni fyrr. Við getum farið á hjólaskautum, í bíl og í strætisvagni, á hjólabretti, mótórhjóli og skautum, í flugvél eða þyrlu og á vélsleða, skellinöðru og margvíslegum öðrum farartækjum. Athugulir menn áttuðu sig fljótt á því að þeir urðu að greina milli ólíkra hreyfinga til þess að einfaldara væri að lýsa þeim. Ef við fylgjumst til dæmis með snjóbrettamanni í U-laga snjóbrettabraut (oft nefnd hálfþípa) má lýsa ferð hans í brautinni sem mörgum og mismunandi hreyfingum. Keppandinn hreyfir sig áfram, upp og niður, sveigir til hliðar og vindur upp á sig í ýmsar áttir. Ef hann snýr sér til dæmis um 360 gráður (360°) hefur hann snúist í heilan hring. Hringsnúningur er líka ein tegund hreyfingar.

Jöfn og ójöfn hreyfing

Gönguskiðamaður, sem gengur eftir braut með jöfnum hraða, hefur *jafna hreyfingu*. Hið sama á við um flugmann sem flýgur vél sinni í 10 000 metra hæð beint áfram og stöðugt á sama hraða. Jöfn hreyfing er hreyfing þar sem farið er með stöðugum hraða og í beina stefnu.

Hreyfing er sjaldnast jöfn, heldur langoftast *ójöfn* ef að er gáð. Flugtak og landing flugvélar eru góð dæmi um slíka hreyfingu. Í flugtaki eykst hraði flugvélarinnar stöðugt. Hún fer hraðar og hraðar. Þetta köllum við *hraðaaukningu*.

Þegar vélin lendir er henni hemlað kröftuglega. Hraði hennar minnkar stöðugt. Við segjum að vélin hægi á sér og tölum um *hraðaminnkun* en bæði hraðaaukning og hraðaminnkun fela í sér breytingu á hraða sem við köllum almennt *hröðun*. Hraðaminnkun er neikvæð hröðun. Öll hreyfing með hröðun er ójöfn hreyfing og ójöfn hreyfing felur alltaf í sér einhvers konar hröðun.



Snjóbrettamaður hreyfist í ýmsar áttir og á margvíslegan hátt. Snúningur er líka hreyfing.



Flugvél í flugtaki eykur hraða sinn og hún minnkar hraðann eftir að hún lendir. Hvort tveggja er dæmi um hröðun.



Vegalengd, tími og meðalhraði

Við getum reiknað út meðalhraðann í hjólatúr Nönnu ef við vitum ferðatímann og vegalengdina. Nanna fer 900 metra leið til vinnu sinnar, yfirleitt á reiðhjóli. Hversu hratt hjólar hún ef hún er 120 sekúndur á leiðinni? Hún hjólar 7,5 metra á sekúndu ($900 \text{ m}/120 \text{ s} = 7,5 \text{ m/s}$). Hraði er einfaldlega sú vegalengd sem maður leggur að baki á tiltekinni tímaeiningu, í þessu tilviki fjöldi þeirra metra sem Nanna fer á hverri sekúndu. Við getum líka skrifað metra á sekúndu sem m/s.

Hraði Nönnu er að sjálfsögðu ekki sá sami alla leiðina. Stundum fer hún hratt og stundum hægt. Það er *meðalhraði* hennar sem er 7,5 m/s.

Hversu lengi er Nanna að hjóla í ræktina ef meðalhraðinn er sá sami? Vegalengdin þangað er 2250 m og hraðinn er 7,5 m/s. Það þýðir að það tekur hana $2250 \text{ m}/(7,5 \text{ m/s}) = 300 \text{ s} = 5 \text{ mínútur}$ að hjóla þessa leið.

$$\text{meðalhraði} = \frac{\text{vegalengd}}{\text{tími}} \quad v = \frac{s}{t}$$

$$\text{vegalengd} = \text{meðalhraði} \cdot \text{tími} \quad s = v \cdot t$$

$$\text{tími} = \frac{\text{vegalengd}}{\text{meðalhraði}} \quad t = \frac{s}{v}$$



DÆMI 1

Símon hjólar 60 km á þremur klukkustundum. Hver er meðalhraði Símonar?

$$v = \frac{s}{t}$$

$$v = \frac{60}{3} \text{ km/h} = 20 \text{ km/h}$$

Par eð Símon hjólar 60 km á þremur klukkustundum fer hann 20 km á einni klukkustund.

SVAR: Meðalhraðinn er 20 km/h.



DÆMI 2

Pegar Lína hjólar nær hún meðalhraðanum 15 km/h. Hversu langt hjólar hún á þremur klukkustundum?

$$s = v \cdot t$$

$$s = 15 \cdot 3 \text{ km} = 45 \text{ km}$$

Á hverri klukkustund hjólar Lína 15 km. Hún hjólar því 45 km á þremur klukkustundum.

SVAR: Lína hjólar 45 km á þremur klukkustundum.



DÆMI 3

Sigurður ók á bíl sínum frá Selfossi til Hafnar í Hornafirði og hafði ekið 400 km þegar hann komst á leiðarenda. Meðalhraði Sigurðar var 80 km/h. Hversu lengi var hann á leiðinni?

$$t = \frac{s}{v} \quad t = \frac{400}{80} \text{ h} = 5 \text{ h}$$

Sigurður ekur 80 km á hverri klukkustund og á 5 klukkustundum fer hann því 400 km.

SVAR: Sigurður var 5 klst. á leiðinni.

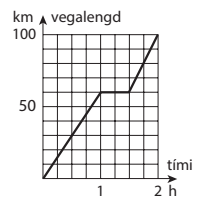
SÍALFSPROF UR 1.1

ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

- jöfn hreyfing
- hraðaaukning
- hraðaminnkun
- hröðun
- meðalhraði

- Nefndu dæmi um
 - jafna hreyfingu
 - hreyfingu með hraðaaukningu
 - hreyfingu þar sem um hraðaminnkun er að ræða.
- Begga fer 60 km á rafskutlu sinni á þremur klukkustundum. Hver er meðalhraðinn?
- Hversu langt fer bíll á 10 sekúndum ef meðalhraði hans er 25 m/s?
- Hver er meðalhraðinn ef þú hleypur 5 km á 25 mínútum? Svarið á að vera í metrum á mínútu.
- Bolta er kastað beint upp í loftið. Boltinn stöðvast, tekur síðan að falla og þú grípur hann. Lýstu hreyfingu boltans (ferli hans) og breytingum á hraða hans á leið upp og niður.

- María fer í bíltúr. Línuritið sýnir hversu langt hún hefur farið á mismunandi hlutum ferðarinnar.
 - Hver var meðalhraðinn fyrsta klukkutímann?
 - Hver var meðalhraðinn síðasta hálf tímann?
 - Hver var meðalhraðinn í öllum bíltúrnum?
- Lögreglan mældi Guðmund á hraðanum 144 km/h. Hve mikill er hraðinn í metrum á sekúndu?
- Pegar vindhraðinn er 25 m/s er talað um rok. Hver er vindhraðinn mældur í km/h?
- Ummál jarðar við miðbaug er nokkurn veginn 40 000 kílómetrar. Setjum svo að þú sért við miðbaug. Hver er þá hraði þinn vegna snúnings jarðarinnar? Reiknaðu hraðann í kílómetrum á klukkustund og námunnaðu að heilum tug.



1.2

Kraftar breyta hreyfingu

Við finnum fyrir ýmiss konar kröftum í daglegu lífi okkar, til dæmis þegar við förum og kaupum inn til heimilisins. Við leiðum ekki hugann að því en við þurfum samt að beita krafti til að færa innkaupakerruna. Í hvert sinn sem við bætum hlut í kerruna þurfum við meiri kraft til þess að ýta henni af stað. Kannast þú við þetta? Hefur þú lent á kerru sem var með biluð hjól? Þá þarf enn meiri kraft til þess að ýta henni. Þetta er augljóst dæmi um það að kraftur og hreyfing eru nátengd fyrirbæri.

Samspil krafta og hreyfingar

Orðið kraftur kemur víða fyrir og í margs konar samhengi. „Ég er kraftlaus í dag“, „Ég gef hestinum mínum kraftfóður“ og „Til að draga þennan plóg þarf kraftmikinn traktor“. En í hvaða setningu hér á undan hefur orðið „kraftur“ eðlisfræðilega merkingu?

Orðið *kraftur* hefur sérstaka merkingu í eðlisfræði – kraftur breytir hreyfingu, skapar hana eða vinnur gegn henni. Í setningunni með traktorinum og plógnum skapar kraftur traktorsins hreyfingu. Í hinum setningunum tengist orðið kraftur því að einhverjum finnst hann vera þreyttur og að orkuríkt og gott fóður fyrir dýr nefnist kraftfóður. Í síðari tilvikunum hefur orðið kraftur ekki eðlisfræðilega merkingu því að þar verður engin hreyfing til og ekki er heldur unnið gegn henni.

Þegar þú stígur á hjól og þeysir af stað er það kraftur frá vöðvunum í fótum þínum sem snýr pedölunum. Og þegar þú bremsar þarftu líka að beita krafti á handbremsurnar til að stöðva hjólið. Ef þú hjólar hratt verður þú að stíga fast á pedalana og ef þú vilt hægja ferðina verður þú að grípa fast um bremsuhandföngin.

Stöðugt samspil er milli hreyfingar og krafts. Við þurfum að beita krafti ef við ætlum að breyta hreyfingu. Ekkert breytist nema kraftur komi til. Því meira sem hjólið og hjólreiðamaðurinn vega samanlagt þeim mun meiri kraft þarf til þess að ná upp hraðanum. Það er því ekki skrítið að þeir sem keppa í hjólreiðum kjósi ofurlétt hjól og séu sjálfir grannvaxnir.

Því þyngrri sem hjólið og hjólreiðamaðurinn eru þeim mun meiri kraft þarf til þess að ná hraðanum fljótt upp. Keppnisreiðhjól vega því oft ekki meira en 7 kg en venjulegt hjól vegur 15–20 kg.





Þegar við hoppum upp yfirvinnum við þyngdarkraft jarðar. Það varir þó aðeins sekúndubrot, þyngdarkrafturinn verður yfirsterkari og dregur okkur aftur niður til jarðar.

Þyngdarkrafturinn

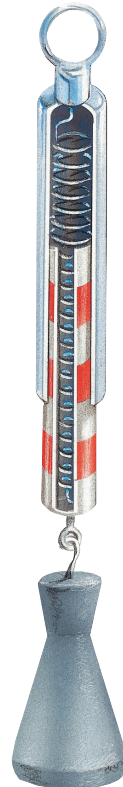
Það er ekki bara mannfólkið sem skapar krafta. Allir hlutir verka hver á annan með krafti sem við köllum *þyngdarkraft* eða stundum *aðdráttarafl*. Reikistjarnan okkar, jörðin, verkar stöðugt á okkur með þess konar krafti. Einfaldast er að sýna fram á það með því að hoppa. Eftir smástund stöðvumst við og síðan lendum við á jörðinni aftur. Ef við köstum steini upp í loftið fellur hann að lokum til jarðar, rétt eins og við þegar við hoppum.

Þyngdarkraftur jarðar verkar á alla hluti og allt fólk á jörðinni og togar allt og alla í átt að miðju jarðar. Þig hefur ef til vill dreymt um að geta flogið eins og fugl. Þyngdarkrafturinn veldur því að það reynist okkur svo erfitt. Bæði fuglar og flugvélar verða að yfirvinna þyngdarkraftinn til þess að geta farið á loft. Ef við beitum eingöngu vöðvum fótanna náum við aðeins að svífa í lofti í eina sekúndu eða svo.

Mæling á kröftum

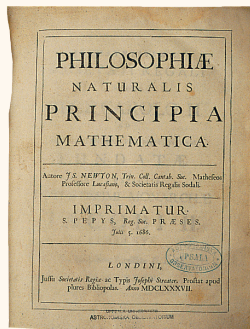
Við getum mælt stærð krafta og borið þá saman. Við mælum krafta í einingu sem nefnist *njúton* (N). Einfaldasta leiðin til þess að mæla kraft er að nota gorm með krók á endanum. Ef slíkur gormur er með kvarða getum við lesið fjölda njútonanna af mælinum. Slíkur mælir nefnist *kraftmælir*.

Ef við hengjum 100 gramma súkkulaðiköku í gorminn sýnir mælirinn 1 N. Ef við hengjum svo í mælinn eins lítra mjólkurfernu, sem vegur 1 kg, sýnir kvarðinn 10 N. Því meira sem hlutur vegur þeim mun stærri er þyngdarkrafturinn.



Við getum mælt stærð krafts með kraftmæli.

SAGNERÆÐI



ISAAC NEWTON

Örfáir menn hafa skráð nöfn sín á spjöld sögunnar fyrir það að auka stórlega skilning okkar á lögmálum náttúrunnar. Englendingurinn *Isaac Newton* er einn þeirra. Hann fæddist 1642 og helgaði líf sitt að mestu rannsóknum í stærðfræði og náttúruvísindum.

Sagan segir að Newton hafi velt þyngdarlögmálinu fyrir sér þegar hann var 23 ára og sá epli falla niður úr tré en á sama tíma var hann að velta fyrir sér hreyfingum himintunglanna. Honum datt í hug að sami krafturinn – þyngdarkraftur frá jörð – togaði eplið til jarðar og héldi tunglinu á braut um jörð. Á sama hátt héldi þyngdarkraftur sólar reikistjörnunum á brautum um hana. Newton setti hugmyndir sínar um samspil krafta og hreyfingar fram árið 1678 í bókinni *Stærðfræðilögmál náttúruspekinnar* (Principia).

Uppgötvanir Newtons eru undirstöðuatriði í eðlisfræði og allir nemendur um gjörvalla heim læra um þau. Til heiðurs þessum mikla hugsuði og vísindamanni var einingin fyrir kraft nefnd eftir honum.

Þyngd og massi – orð með sérstaka merkingu

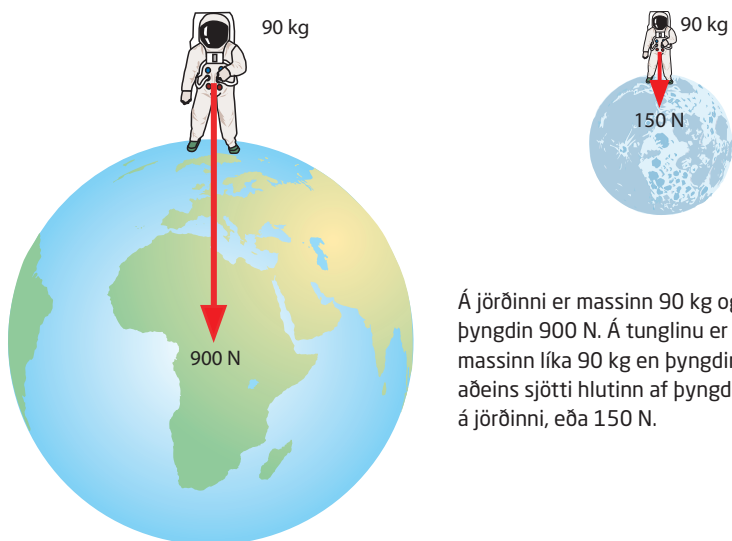
Þegar við förum í flugvél athugar starfsfólkið á flugvælinum massa eða þyngd ferðatöskunnar. Í daglegu tali notum við orðin *þyngd* og *massa* jöfnum höndum. Yfirleitt skiptir engu máli hvort orðið við notum en í eðlisfræði hafa orðin sérstaka merkingu og nauðsynlegt er að vita hver munurinn er.

Skoðum breytingarnar á massa og þyngd geimfara sem fer til tunglsins. Massi geimfarans er 90 kg á jörðinni. Massinn ræðst af því *efnismagni* sem líkami hans er gerður úr. Efnismagnið breytist ekki þótt geimfarinn fari út í geim og þess vegna er massi hans líka 90 kg í geimnum og eins þegar hann hefur lent á tunglinu.

Þyngd geimfarans ræðst hins vegar af þyngdarkraftinum þar sem hann er staddur. Á jörðinni er þyngdarkrafturinn 900 N. Úti í geimnum, fjarri öðrum þungum hlutum, verður geimfarinn *þyngdarlaus*. Þegar geimfarinn stígur úr geimfari sínu á yfirborði tunglsins er þyngdarkrafturinn aðeins sjötti hluti þess sem hann er á jörðinni. Þyngd geimfarans á tunglinu er því einungis 150 N ($900/6 = 150$). Ástæðan fyrir því að þyngdarkrafturinn er minni á tunglinu en á jörðinni er sú að massi tunglsins er minni en massi jarðarinnar og tunglið er auk þess minna um sig.

Massi ræðst af efnismagni blutar og hann er mældur í einingunni kílógramm.

Þyngd er kraftur sem breytist eftir stað blutarins og er mældur í einingunni njúton.



Á jörðinni er massinn 90 kg og þyngdin 900 N. Á tunglinu er massinn líka 90 kg en þyngdin er aðeins sjötti hlutinn af þyngdinni á jörðinni, eða 150 N.

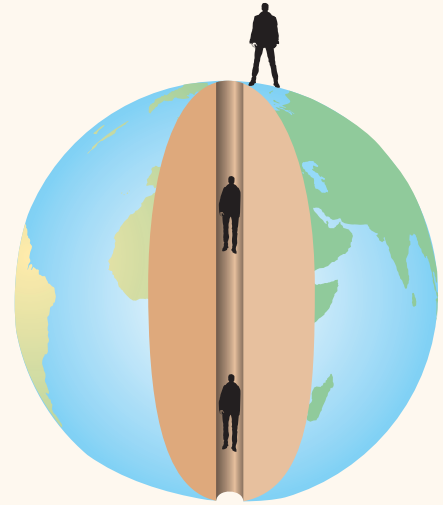
ÍTAREFNI

GETUR MAÐUR FALLIÐ ÞVERT GEGNUM JÖRÐINA?

Setjum svo að við gætum borað göng gegnum alla jarðarkúluna. Hvað skyldi gerast ef þú létir þig þá detta niður í göngin? Myndir þú falla þvert gegnum jörðina og koma út hinum megin? Til einföldunar skulum við ímynda okkur að ekkert loft sé í göngunum, að þar sé lofttæmi.

Það sem gerist er að þyngdarkrafturinn togar þig niður að miðju jarðar. Þú féllir hraðar og hraðar þar til þú ferð fram hjá miðpunkti jarðarinnar. Þyngdarkrafturinn myndi þá hægt en örugglega verka gegn hraðanum þar til þú hefur náð að yfirborði jarðar hinum megin og eitt augnablik værir þú algerlega kyrr. Allt fallið tæki um það bil 80 mínútur. Síðan myndir þú falla niður að miðju jarðar og aftur til baka að yfirborðinu hinum megin.

Ef við gerum ráð fyrir því að loftmótstaðan sé engin myndir þú falla fram og til baka eftir göngunum til eilífdarnóns. En ef loft væri í göngunum myndir þú sveiflast fram og til baka og sveiflan myndi stöðugt minnka vegna loftmótstöðunnar þar til þú stöðvaðist að endingu við miðpunkt jarðarinnar og þar yrðir þú þyngdarlaus, rétt eins og í geimnum.

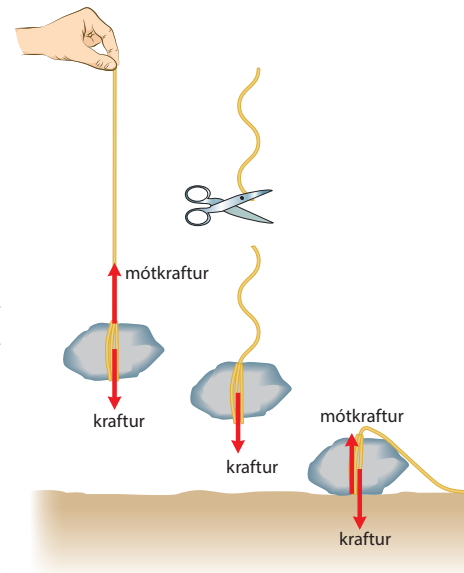


Kraftur og mótkraftur

Þegar hlutur er kyrr við yfirborð jarðar hljóta að verka á hann fleiri kraftar en þyngdarkrafturinn og upphefja áhrif hans – koma í veg fyrir að hluturinn falli. Þetta er einfaldast þegar viðbótarkrafturinn er aðeins einn og við getum þá talað um *mótkraft*.

Hugsaðu þér að þú haldir í band og að steinn sé bundinn í enda þess. Þyngdarkraftur jarðar togar steininn niður. Á steininn verkar hins vegar líka annar og gagnstæður kraftur upp eftir bandinu frá hendinni. Sá kraftur nefnist mótkraftur. Ef mótkrafturinn væri ekki fyrir hendi félli steinninn til jarðar. Mótkrafturinn er jafnstór og gagnstæður þyngdarkrafti jarðar. Sú staðreynd skýrir það að steinninn hvorki fellur né færir upp á við.

Ef við klippum á bandið hverfur mótkrafturinn frá hendinni. Hinn krafturinn, sem verkar á steininn, er þyngdarkraftur jarðar. Steininn fellur til jarðar og þegar hann skellur á jörðinni stöðvast hann. Þá verkar mótkraftur aftur á steininn, nú er það kraftur sem beinist beint upp frá jörðinni. Steininn helst kyrr vegna þess að mótkrafturinn er jafnstór þyngdarkraftinum.



Þegar við klippum á bandið hættir mótkrafturinn frá hendinni að verka og steinninn tekur að falla. Þegar hann skellur á jörðinni myndast nýr mótkraftur sem verkar upp á við frá jörðinni.



Snjórinn veldur því að núningurinn verður lítil milli sleðans og yfirborðsins. Núningurinn væri enn minni á svelli.

Núningur – kraftur sem vinnur gegn hreyfingu – og þó!

Það er létt að draga sleða eftir snævi þöktum vegi, jafnvel þótt eitthvað þungt sé á sleðanum. Ef vegurinn hefur verið sandborinn verður miklu erfiðara að draga sleðann. Hvað veldur því?

Ekkert yfirborð er algerlega slétt. Þegar tveir fletir hreyfast hvor gegn öðrum grípa ójöfnurnar hver í aðra. Þá verður til kraftur sem vinnur gegn innbyrðis hreyfingu flatanna og kallast *núningur*. Hann er mótkraftur gegn þeim krafti sem leitast við að koma hreyfingunni sjálfri af stað. Og vegna þess að núningurinn er kraftur er hann mældur í njútonum (N).

Þegar við drögum sleða í hreinum snjó verður núningurinn frekar lítil en ef sandur er á brautinni verður núningurinn meiri og við þurfum meiri kraft til þess að draga sleðann. Þess vegna er erfiðara að draga sleðann á sandborinni braut.

En núningur verkar ekki alltaf gegn allri hreyfingu. Ef enginn núningur væri milli bílhjóls og vegar mundi hjólið bara spóla þegar við reynum að fara af stað. Núningurinn verður þá til þess að hjólið grípur í veginn og bíllinn fer af stað þegar það snýst. Núningur kemur líka við sögu til dæmis þegar við göngum eða hlaupum.

Núningur getur bjargað mannlífum

Að vetri til þegar kalt er geta bílstjórar lent í erfiðleikum með að stöðva bíla sína. Hemlunarvegalengdin á ísi þöktum vegi getur orðið löng. Til þess að stytta hemlunarvegalengdina eru vegir ýmist saltaðir til að bræða ísinn eða sandbornir. Hver er skýringin á þessu?

Ef við lítum nánar á flötinn þar sem dekkinn á bílnum og háll vegurinn snertast sjáum við að fletirnir, sem hreyfast hvor gegn öðrum, eru frekar

Naglarnir í dekkjunum þrýstast niður í ísinn og skapa meiri núning en ef dekkinn væru ónegld.



sléttir. Núningurinn verður því lítill. Ef við berum sand á veginn verður snertiflöturinn milli dekkjanna á bílnum og yfirborðs vegarins ósléttur. Þegar bílnum er hemlað verður núningurinn milli vegarins og dekkjanna meiri og hemlunarvegalengd bílsins verður því styttri. Við getum líka aukið núninginn með því að nota nagladekk. Þá verður snertiflöturinn ósléttur vegna smáu naglanna sem standa út úr dekkjunum og þeir ganga niður í ísinn.

Núningur er ýmist til boga eða til góðs

Í vélum og rafmótorum reyna hönnuðirnir að láta núning milli hreyfanlegu hlutanna vera sem minnstan. Ein aðferð til þess er að nota *kúlulegur*. Þá eru kúlur látnar vera milli snertiflatanna. Það minnkar núninginn umtalsvert. Í reiðhjóli eru kúlulegur til dæmis í hjólásunum og í pedölunum. Ef við notum líka olíu sem smurefni minnkar núningurinn enn frekar.

Við reynum líka að stýra núningi í skíðamennsku. Við notum sérstakan áburð til að skíðin renni sem hraðast áfram og stundum notum við sérstakan búnað til að þau renni sem minnst aftur á bak og gefi góða spyrnu áfram. Þegar keppt er í skíðagöngu skiptir miklu að velja skíðaáburðinn þannig að skíðin renni sem best áfram.



Kúlulega er gerð úr tveimur málmhringjum sem hreyfast hvor gegn öðrum. Milli málmflatanna eru kúlur sem minnka núninginn verulega. Oftast er bætt við olíu eða smurfeiti til þess að minnka núninginn enn frekar.



Segja má að heil vísindagrein hafi orðið til og snúist um það hvaða áburður hentar best hverju sinni og hvernig borið er á skíði í alþjóðakeppni í skíðagöngu. Þar þarf meðal annars að taka tillit til þess hvernig snjórin er og botn skíðanna sem borið er á, hvernig þetta tvennt spilar saman og loks hvernig raki, hiti og önnur veðurskilyrði eru hverju sinni.

Massamiðja manns er um það bil í kviði hans og togast í átt að miðpunkti jarðar. Með því að hreyfa handleggina getur línudansarinn fært massamiðju sína örlítið til og tryggt að hún sé beint fyrir ofan línuna sem hann dansar á þannig að hann detti ekki niður.



Massamiðja

Hefur þú prófað að láta reglustiku eða penna halda jafnvægi á fingrinum? Til þess að það takist þarftu að halda fingrinum á sérstökum stað, það er að segja beint undir *massamiðjunni* (sem nefnist einnig *þyngdarpunktur*). Massamiðja reglustikunnar er nákvæmlega í miðju hennar. Hvar er massamiðjan í pennanum þínum?

Allir hlutir, hvort sem það eru steinar, mjólkurfernur, reiðhjól, reglustikur, bollar, hnífar, bátar eða fólk, hafa sína sérstöku massamiðju. Massamiðja fullrar mjólkurfernu er til dæmis í miðju hennar og massamiðja okkar er nokkurn veginn í miðju kviðarholinu.



Múrarinn finnur lóðlínuna með því að hengja lóð í snúru og hún vísar beint á miðpunkt jarðar. Þannig tryggir múrarinn að veggurinn verði lóðréttur.

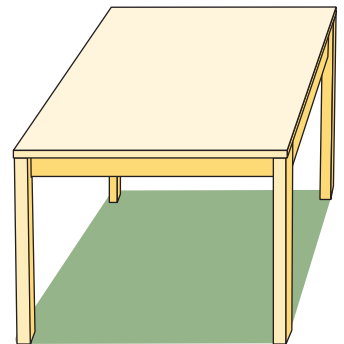
Hvað er lóðlína?

Hvað veldur því að háhýsi hrynja ekki? Að hluta er skýringin sú að þau eru gerð úr sterkum efnum, einkum stáli og steinsteypu. Það er þó önnur skýring sem er yfirleitt mikilvægari. Hún er svo augljós að við leiðum ekki hugann að henni. Húsin standa oftast bein og upprétt.

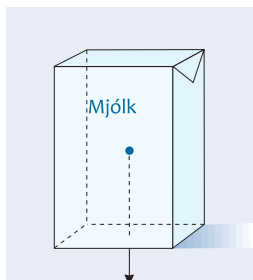
Húsasmiðir tryggja að veggirnir verði beinir með því að nota *lóð* sem hangir í snúru. Þegar lóðið og snúran hafa stöðvast vísar hún beint á miðpunkt jarðar. Lína, sem liggur gegnum miðpunkt jarðar, nefnist *lóðlína*. Húsasmiðirnir stilla veggi hússins af eftir lóðlínunni, sem þeir finna með lóðinu og snúrunni, og þá er öruggt að húsið stendur beint og upprétt. Veggir hússins eru *lóðréttir*.

Grunnflötur

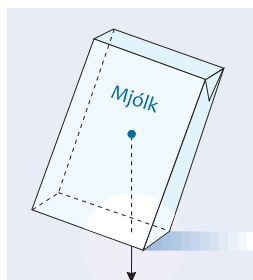
Sá flötur, sem segja má að tiltekinn hlutur standi á, kallast *grunnflötur*. Þetta getur til dæmis verið botninn á mjólkurfernu. Sumir hlutir, til dæmis borð, hafa grunnflöt sem er stærri en snertiflöturinn við undirlagið. Grunnflötur borðsins er þannig líka svæðið sem er innan borðfótanna. Borðið hefur því miklu stærri grunnflöt en mjólkurfernan, þótt snertiflötur borðfótanna við gólfið sé jafnvel minni að flatarmáli en botninn á mjólkurfernunni.



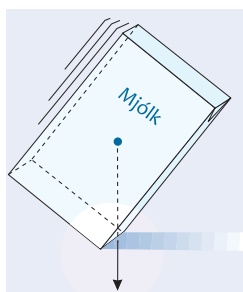
Grunnflötur er sá flötur sem segja má að hlutur standi eða liggja á. Grunnflötur borðs er sá flötur sem er innan við borðfætturna.



Massamiðja mjólkurfernunnar er í miðju hennar.



Lóðlínan frá massamiðjunni er innan grunnflatarins. Fernan leitar því aftur til baka í upphaflega stöðu.



Ef lóðlínan frá massamiðjunni er komin út fyrir grunnflötinn fer mjólkurfernan á hliðina.

Hvenær veltur hlutur?

Hvers vegna er erfitt að ná jafnvægi þegar gengið er á línu? Skýringin er sú að massamiðja líkamans verður að vera á réttum stað. Ef massamiðjan er það ekki þá dettur maður. Við skulum einfalda þankaganginn svolítið með því að skoða fyrst mjólkurfernu sem stendur á borði. Ef þú hallar fernunni örlítið og sleppir henni fer hún aftur í upphaflega stöðu sína. En ef þú hallar henni nægilega mikið fellur hún á hliðina.

Hvort hlutur veltur eða ekki ræðst af legu massamiðjunnar með tilliti til grunnflatarins. Hluturinn veltur ef lóðlínan frá þyngdarpunktinum hafnar utan við grunnflötinn.

Ef við höllum mjólkurfernunni örlítið fellur hún aftur til baka vegna þess að lóðlínan er innan grunnflatarins. Ef við höllum fernunni sífellt meira kemur að því að hún lendir í tiltekinni stöðu þar sem fernan er í jafnvægi. Lóðlínan gengur þá nákvæmlega gegnum jaðar grunnflatarins. Ef við höllum fernunni örlítið meira hafnar lóðlínan utan við grunnflötinn. Ef við sleppum fernunni í þessari stöðu veltur hún á hliðina.

Því hærri sem fernan er miðað við grunnflötinn þeim mun minna má halla henni áður en lóðlínan fer út fyrir grunnflötinn. Ef við höfum mismunandi mjólkurfernur sem eru með jafnstórum grunnfleti en eru misháar þarf hæsta fernan minnstan halla til að velta.

Nú ættum við að skilja betur hvers vegna það er svo erfitt að halda jafnvægi á línu. Meðan massamiðjan er innan grunnflatar fótanna heldur þú jafnvægi á línunni. En ef massamiðja þín fer út fyrir grunnflötinn ferðu racleitt á hausinn. Þetta getur gerst ef þú hallar þér of mikið til hliðar eða ef línan sveiflast undir fótum þínum. Þú getur þá beygt þig niður til þess að verjast falli. Þá lækkar massamiðjan og hún hafnar miklu síður út fyrir grunnflötinn. Önnur aðferð er að rétta handleggina út til þess að flytja massamiðju líkamans til þannig að hún falli aftur innan grunnflatar fótanna.



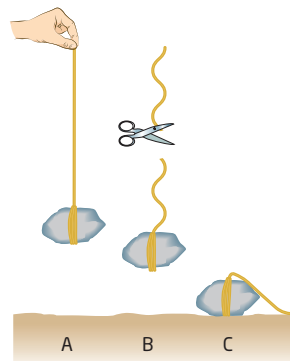
Með því að teygja út handleggina og annan fótinn getum við flutt massamiðjuna til þannig að hún verði aftur beint fyrir ofan línuna.

SIJALFSPRÓF UR 1.2

ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

• þyngdarkraftur • kraftmælir • mótkraftur • núningur • massasmíðja • lóðlína • grunnflötur

- Hvaða eining er á kvarðanum á kraftmæli?
- Nefndu dæmi um tilvik þar sem þú vilt hafa
 - mikinn núning
 - lítinn núning
- Þú rennir þér á sleða niður brekku. Í hvaða átt eða áttir verkar núningskrafturinn?
- Anna Stína vegur 42 kg. Hver er
 - massi hennar á jörðinni?
 - þyngd hennar á jörðinni?
 - massi hennar á tunglinu?
 - þyngd hennar á tunglinu?
- Hvað er lóð og snúra og til hvers má nota slíkan búnað?
- Útskýrðu muninn á massa og þyngd.
- Stilltu þér fast upp við vegg, snúðu hægri hliðinni að veggnum og hafðu hægri fótinn við vegginn. Lyftu síðan vinstri fætinum. Hvað gerist? Hvers vegna gerist þetta?
- Hvers vegna eru sportbílar og kappakstursbílar svona lágir?
- Steinn hangir í bandi. Þú klippir á bandið og steinninn fellur til jarðar. Hvaða kraftur eða hvaða kraftar verka á steinninn í stöðu A, B og C?
- Kúla hangir í kraftmæli og kvarðinn sýnir 0,6 N.
 - Hver er massi og þyngd kúlunnar?
 - Hver yrði massi kúlunnar á tunglinu?
 - Hver yrði þyngd kúlunnar á tunglinu?
- Þú rennir þér á sleða niður brekku. Þar sem brekkan endar tekur við stöðuvatn með spegilsléttum ís.
 - Hvernig breytist hraði sleðans þegar þú kemur inn á ísinn?
 - Hvers vegna gerist þetta?



Fall í svona leiktæki er skemmtilegt. Þetta er þó ekki frjálst fall í eðlisfræðilegum skilningi, því að vélar stýra falli vagnsins.

1.3

Frjálst fall og brautir gervihnatta

Hver er mesta hröðun sem þú hefur upplifað? Var það þegar flugvél rauk af stað í flugtaki, þegar þú sást á mótörhjóli hjá vini þínum, þegar þú ókst vélsleða eða þegar þú reyndir svonefnt frjálst fall í skemmtigarði? Rifjaðu upp sterkustu lífsreynslu þína þar sem hröðun var mjög mikil. Var þessi lífsreynsla skemmtileg eða þótti þér hún óþægileg?



Frjálst fall

Fall í fallturni í skemmtigarði er ekki frjálst fall í eðlisfræðilegum skilningi. Í eðlisfræði er *frjálst fall* skilgreint sem fall þar sem enginn kraftur verkar nema þyngdarkrafturinn. Í frjálssu falli má til dæmis ekki vera nein loftmótstaða. *Galíleó Galíleí* var einna fyrstur til að velta frjálssu falli fyrir sér. Hann gat þó bara gert takmarkaðar vísindalegar rannsóknir á þessu fyrirbæri vegna þess að fall tekur yfirleitt svo stuttan tíma og hann hafði ekki neinar nákvæmar klukkur. Þess í stað mældi hann tímann með því að telja vatnsdropa sem náðu að falla úr stóru kerri áður en hlutur skall til jarðar.

Rannsóknir Galíleós urðu til þess að hann skildi af hverju laufblað fellur hægt til jarðar en barrköngull fellur hratt. Lögun laufblaðsins veldur því að það verður fyrir meiri *loftmótstöðu* en köngullinn. Loftmótstaða er *núningskraftur* sem myndast þegar laufblaðið og köngullinn rekast á *sameindirnar* í loftinu. Og vegna þess að laufblaðið verður fyrir meiri loftmótstöðu en köngullinn fellur það hægar. Galíleó sá í hendi sér að ef loftið yrði fjarlægt hlutu báðir hlutirnir að falla jafnhratt.

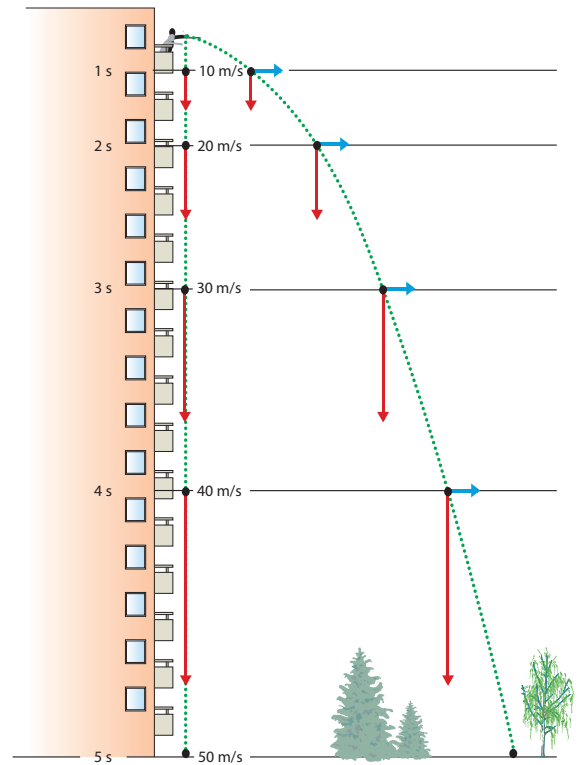
Menn hafa gert þessa sömu rannsókn á falli í lofttæmi, til dæmis á tunglinu, og þær leiddu í ljós að Galíleó hafði haft rétt fyrir sér. Á tunglinu er ekkert andrúmsloft, þar er *lofttæmi*. Hvorki laufblaðið né köngullinn rekast á loftsameindir og falla því jafnhratt niður á yfirborð tunglsins. Hlutir í frjálssu falli falla allir jafnhratt, hvernig sem lögun þeirra er eða hver sem massi þeirra er.

Hvernig falla hlutir sem er kastað?

Tveir vinir standa á svölum á háhýsi. Báðir eru þeir með steinvölu í höndunum. Annar þeirra lætur steininn falla beint niður en hinn kastar honum á sama tíma lárétt beint áfram. Hvor steinninn nær fyrr til jarðar? Í ljós kemur að báðir steinarnir snerta jörðu á sama tíma. Hver er skýringin?

Lítum fyrst á steininn sem var látinn falla beint niður. Hraði hans eykst með hverri sekúndu. Eftir tvær sekúndur skellur hann á jörðinni ef húsið er 20 m á hæð.

Lítum nú á hinn steininn sem var kastað beint út af svölunum. Þegar höndin sleppir honum hefur hann hraða beint áfram og hann heldur þessum sama lárétta hraða þar til fallinu lýkur. Á sama tíma fellur hann nákvæmlega eins og hinn steinninn. Við getum því skipt hreyfingu steinsins upp í tvær stefnur, aðra beint áfram og hina beint niður. Hreyfingin beint áfram hefur ekki áhrif á hreyfinguna niður. Þess vegna eykst hraði steinsins niður á nákvæmlega sama hátt og hraði hins steinsins. Þetta veldur því að steinninn, sem var kastað beint út af svölunum, nær til jarðar á sama tíma og sá sem féll beint niður.



Steinninn, sem kastað var beint út, nær til jarðar um leið og steinninn sem var látinn falla beint niður. Örvarnar sýna hraða steinanna.

Dartpíllur og byssukúlur

Þegar þú kastar dartpílu hefur þú örugglega áttað þig á því að þú þarft að miða svolítið ofan við punktinn sem þú ætlar að hitta. Þetta stafar af því að pílan *fellur* svolítið á leiðinni áður en hún stingst í töfluna. Fall píllunnar ræðst af því hversu hratt þú kastar henni. Ef þú kastar henni hratt nær hún aðeins að falla örlítið áður en hún stingst í töfluna. Ef þú kastar henni hins vegar mjög hægt verður hún lengur í loftinu áður en hún rekst í töfluna. Hún gæti fallið svo mikið að hún lendi á veggnum fyrir neðan töfluna.

Byssukúla hegðar sér á svipaðan hátt og pílan. Kúlan fellur örlítið áður en hún hittir skotmarkið. Fallið er ekki nema örlítið vegna þess að hraði kúlunnar er svo mikill. Hún er bara örstutta stund í loftinu áður en hún hittir í mark. Kúlan fellur þó nægilega mikið til þess að sá sem skýtur verður að taka tillit til þess þegar hann miðar. Ef hann gerir það ekki missir hann marks. Miðið á byssunni verður að vera þannig stillt að byssuhlaupið vísi á punkt sem er svolítið fyrir ofan punktinn sem skyttan ætlar að hitta. Ef maður miðar á epli sem er látið falla og hleypir af um leið og það byrjar að falla þá hittir skotið í mark af því að bæði eplið og kúlan falla jafn mikið meðan skotið er á leiðinni.



Skyttan hleypir af skoti beint áfram. Um leið sleppir hin skyttan byssukúlu sem fellur beint niður til jarðar. Báðar kúlurnar snerta jörðina á sama tíma.



Geimflauginni Space X Falcon 9 var skotið á loft árið 2012 til þess að flytja búnað til alþjóðlegu geimstöðvarinnar (ISS). Ef geimflauginni hefði ekki verið skotið á loft undir nákvæmlega réttu horni og með réttum hraða hefði hún getað fallið til jarðar aftur eða horfið út í geiminn.

Kasthreyfing

Ímyndum okkur að við spörkum fótbolta beint upp í loftið. Þyngdarkraftur jarðar verkar á móti hreyfingu boltans upp á við. Hraði boltans minnkar því smám saman þar til hann verður núll. Þá snýr boltinn við og fellur aftur niður.

Ef við gætum spyrnt boltanum svo fast að hann gæti yfirunnið þyngdarkraft jarðar myndi boltinn hverfa út í geiminn fyrir fullt og allt. Ímyndum okkur nú að við spörkum boltanum á ská upp á við, rétt eins og markverðir gera þegar þeir spyrna frá marki. Þá rís boltinn, nær hæstu stöðu sinni og fellur síðan niður á völinn aftur. Þessi bogmyndaða hreyfing, sem boltinn hefur, nefnist *kasthreyfing*.

Gervihnöttur á braut

Hugsum okkur nú annað dæmi þar sem við sendum eldflaug á loft. Eldflaugin hækkar flugið, nær hæstu stöðu sinni og fellur síðan aftur í átt að jörðu. Ef kasthreyfingin, ferill flaugarinnar, hefur sömu bogalögun og yfirborð jarðar flýgur hún býsna lengi áður en hún fellur til jarðar. Eldflaugin fellur í sífellu í átt til jarðar en nær henni ekki því að yfirborð jarðarinnar sveigir sífellt undan. Eldflaugin kemst þannig á braut um jörðu.

Pegar *gervihnetti* er skotið á braut um jörðu má líkja því skoti við þrumuskot í fótbolta. Við geimskot skiptir mestu máli að skjóta undir réttu horni og með réttum hraða. Að öðrum kosti fellur gervihnötturinn til jarðar, hverfur út í himingeiminn eða hann lendir á rangri braut um jörðu og hittir ekki í mark.

Á braut um jörðu eru ótal gervihnettir af ýmsum gerðum, til dæmis veðurtungl og gervihnettir sem endurvarpa sjónvarpsefni. Auk þess er einn náttúrulegur hnöttur á braut um jörðu, það er að segja tunglið.

SJÁLFSPRÓF ÚR 1.3



ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

• loftmótstaða • lofttæmi • frjálst fall • kasthreyfing • gervihnöttur

1. Tunglfari er á tunglinu og lætur tunglgrjót og fuglsfjöður falla samtímis úr sömu hæð. Hvor hluturinn snertir tunglyfirborðið fyrr?
2. Þú ert uppi í háum turni og sleppir steini svo að hann fellur beint niður. Á sama tíma kastar félagi þinn jafnstórum steini lárétt beint út frá turninum. Hvor steinninn snertir jörðina fyrr?
3. Jónas sleppir kringlóttum steini og laufblaði samtímis úr sömu hæð.
 - a) Hvor hluturinn nær fyrr til jarðar?
 - b) Hvers vegna?
4. Útskýrðu hvað það er sem veldur loftmótstöðu.
5. Prír vinir ætla að stökkva samtímis af breiðu dýfingabretti niður í sundlaug og þeir ákveða að gera svolitla tilraun. Stína tekur eitt skref fram af brettisbrúninni og lætur sig falla beint niður í laugina. Andrés tekur tilhlaup og stekkur beint út af brettinu. Elín hoppar á ská upp á við. Öll stökkva þau af brettinu á nákvæmlega sama tíma. Í hvaða röð koma þau niður í laugina?
6. Þegar markvörður spyrnir boltanum frá markinu fylgir boltinn kasthreyfingu í aðalatriðum. Lýstu því hvernig hraði boltans breytist í lóðréttri og láréttri stefnu á bogmynduðum ferli hans. Við sleppum því að taka tillit til loftmótstöðunnar.
7. Hvers vegna getum við sagt að gervitungl falli stöðugt þótt það falli ekki til jarðar?
8. Tvær eins glerkrukkur standa hvor á sinni vigt. Í hvorri krukku um sig eru fimm geitungar. Í krukku A eru allir geitungarnir dauðir og þeir liggja á botninum. Í krukku B eru geitungarnir í fullu fjöri og þeir fljúga um í krukku. Hvor krukkan vegur meira?

1.4

Tregða og tækni

Miklir kraftar koma við sögu þegar við keyrum til dæmis bíl á miklum hraða og hann stöðvast snögglega. Mikil hættu skapast ef við lendum í árekstri. Bílbeltin og öryggispúðarnir hafa aukið öryggið til mikilla muna. Öryggispúði er stór loftbelgur sem blæs upp á sekúndubroti ef bíllinn rekst á eitthvað. Öryggispúðar og bílbelti eru ein mikilvægustu öryggistækin í bílum okkar og verkfræðingarnir, sem hanna þessi tæki, styðjast bæði við almenn lögmál og niðurstöður úr aragrúa rannsókna þar sem samspil krafta og hreyfingar eru könnuð.

Hvað er tregða?

Ef við stöndum í strætisvagni sem fer skyndilega af stað þurfum við að halda okkur svo að við dettum ekki kylliflöt. Þegar vagninn stöðvast verðum við enn og aftur að halda okkur.

Þetta byggist á eðlisfræðilegu fyrirbæri sem nefnist *tregða*. Hún veldur því að hlutur, sem er kyrr, leitast við að vera kyrr áfram. Þegar strætisvagninn fer af stað verður hann að „draga“ farþegana með sér. Þess vegna verðum við að halda okkur meðan vagninn er að auka hraðann. Að öðrum kosti dyttum við á hausinn.

Tregðan veldur því einnig að hlutur, sem er á hreyfingu, heldur áfram að hreyfast í sömu stefnu og áður. Þegar strætisvagninn nemur staðar heldur líkami okkar áfram að hreyfast beint fram. Við verðum því að halda okkur til að stöðva þá hreyfingu og detta ekki fram fyrir okkur þegar bílstjórinn stöðvar vagninn.

Þegar strætisvagninum er ekið af stað veldur tregðan því að líkami þinn leitast við að halda kyrrstöðu sinni. Þú dettur um koll ef þú heldur þér ekki fast.





Ef þú lendir í árekstri, ert ekki í bílbelti og engir öryggispúðar eru í bílnum, kastast þú út um framrúðuna. Það stafar af tregðu líkamans. Þegar bíllinn stöðvast leitast líkaminn við að halda hreyfingunni sem hann hafði fyrir áreksturinn.

Tregða í bílnum

Ef þú ert ekki í bílbelti þegar þú lendir í árekstri getur þú kastast út um framrúðuna. Hvers vegna? Það er vegna þess að þegar þú ert í bíl á ferð ertu á sama hraða og bíllinn. Ef bíllinn lendir í árekstri er ekkert sem heldur þér föstum eða fastri. Bíllinn snarstöðvast en vegna tregðunnar heldur líkami þinn hreyfingunni áfram með sama hraða og fyrir áreksturinn.

Ef þú værir hins vegar í bílbelti myndi það halda þér föstum eða fastri í bílnum og sjá til þess að þú stöðvaðist um leið og bíllinn. Áverkarnir á brjóstkassanum verða að vísu allmiklir en án bílbeltanna getur þú ekki bjargað þér ef árekstur verður. Þú getur bara haldið þér með höndunum einum ef hraðinn er innan við 7 km/klst. Það svarar nokkurn veginn til þess hraða sem þú nærð ef þú stendur í uppréttri stöðu og lætur þig falla endilanga(n) á gólfið. Standir þú hins vegar á stól og látir þig falla beint áfram nærðu meiri hraða en þú ræður við og þess vegna skellurðu með andlitið í gólfið. Þess vegna er það lögboðið að nota belti í bílum.

Annar öryggisbúnaður í bílum eru öryggispúðar. Ef bíllinn lendir í árekstri þenjast öryggispúðarnir út á sekúndubroti. Þegar þú kastast fram við áreksturinn tekur öryggispúðinn af þér höggið.



Miðsóknarkrafturinn í keðjunum kemur í veg fyrir að fólkið kastist í burtu þegar farið er í róluhringekju.

Hringhreyfing

Hugsaðu þér að þú sért í róluhringekju í skemmtigarði. Þú ferð hring eftir hring í rólunni. Í eðlisfræði nefnist svona hreyfing *hringhreyfing*. Þér finnst eins og líkaminn þrýstist út allan tímann og þér líður jafnvel illa. Ein af ástæðunum fyrir vanlíðaninni er sú að þú breytir stöðugt um stefnu. Líkaminn heldur að hann ætli beint áfram en þess í stað beygir hann stöðugt.

Hvers vegna þeytist rólán ekki í burtu? Keðjurnar, sem halda stólunum í rólunni, verka jafnframt á þá með krafti sem heldur þeim á þessari hringlaga braut og varnar því að þeir kastist út í loftið. Krafturinn kallast *miðsóknarkraftur* og hann stefnir inn að miðpunkti hreyfingarinnar. Þegar tunglið og öll gervitunglin snúast á braut um jörðu er það þyngdarkraftur jarðar sem er miðsóknarkrafturinn.

Miðflóttakraftur

Þegar við sitjum í róluhringekju og snúumst í hringi finnum við hvernig líkami okkar þrýstist út á við eins og kraftur verki á okkur. Hann nefnist *miðflóttakraftur* og byggist á tregðu líkamans en er ekki sjálfstæður, raunverulegur kraftur heldur afleiðing hringhreyfingarinnar. Tregðan veldur því að líkami okkar leitast við að halda beint áfram en vegna þess að stóllinn er fastur í keðjunum breytir líkami okkar stöðugt um stefnu. Líkami okkar þrýstist út á við og okkur finnst eins og kraftur togi í okkur.

Vinding í þvottavél

Þekking okkar á miðsóknarkrafti og tregðu kemur að góðum notum til dæmis til að skilja hvernig þvottavélar verka. Í þvottavél er sívalningslöguð

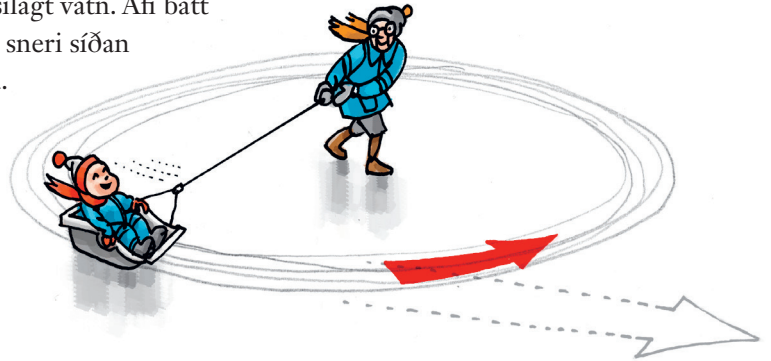
tromla sem óhreini þvotturinn er settur í. Þegar þvotti er lokið er komið að *vindingunni*. Vélin snýr þá tromlunni með þvottinum í, til dæmis 1400 snúninga á mínútu. Vatnið og þvotturinn þrýstast þá út að vegg tromlunnar og miðsóknarkraftur frá veggnum heldur þvottinum á hringhreyfingu. En á vegg tromlunnar eru göt og þar verkar miðsóknarkrafturinn ekki á vatnið. Tregðan hjá vatnsdropunum veldur því að þeir halda beint áfram, úr þvottinum og út úr tromlunni – og þvotturinn þornar.

Þegar þvottavél vindur snýst tromlan í mörgum vélum 1400 snúninga á mínútu. Vatnið þrýstist þá út að vegg tromlunnar og út í gegnum litlu opin á henni.



Ef miðsóknarkrafturinn hverfur

Afi fór með afastrákin sinn, Marteinn, út á ísilagt vatn. Afi batt langt band í sleða sem Marteinn settist í. Afi sneri síðan sleðanum hring eftir hring, í hringhreyfingu. Eftir svolitla stund sleppti afi takinu á bandinu. Vegna tregðu sleðans hélt hann nú beint áfram í þá stefnu sem sleðinn hafði þegar afi sleppti bandinu. Miðsóknarkrafturinn hvarf og þess vegna stöðvaðist hringhreyfingin.



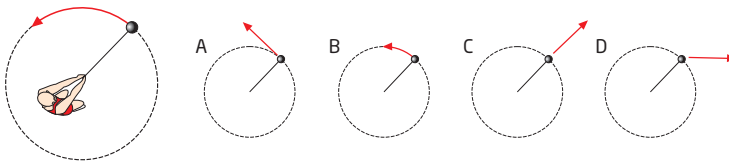
Sleðinn fer hring eftir hring svo lengi sem afi heldur í bandið. En ef afi sleppir takinu á bandinu heldur sleðinn beint áfram.

SIJÁLFSPRÓF ÚR 1.4

ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

• tregða • hringhreyfing • miðsóknarkraftur • miðflóttakraftur

- Þú stendur í strætisvagni sem hemlar snögglega.
 - Hvað gerist? b) Af hverju gerist þetta?
- Nefndu tvö öryggistæki sem geta verndað þig gegn alvarlegu slysi ef þú ert í bíl sem hemlar snögglega eða lendir í árekstri.
- Sleggjukastari snýr sér í hringi í kasthringnum og sveiflar sleggjunni.
 - Hvað kallast krafturinn sem þvingar kúluna til að halda braut sinni? b) Í hvaða stefnu verkar krafturinn?
- Á myndunum horfir þú á sleggjuna ofan frá. Sleggjukastarinn sleppir vírnum sem heldur kúlunni. Hvaða mynd sýnir brautina sem kúlan ferðast eftir þegar henni hefur verið sleppt?



- Jörðin snýst um sólina á braut sem er næstum því hringlaga. Útskýrðu af hverju þetta er svona.
- Þú hefur fundið hvernig þú þrýstist út á við þegar þú ert í róluhringekju.
 - Hvað kallast krafturinn sem þú finnur fyrir? b) Á hverju byggist þessi kraftur?
- Útskýrðu af hverju sundfötin þorna í þvottavindu.
- Tveimur gervitunglum er skotið á loft og annað er hærra á lofti en hitt. Hvort gervitunglið fer hraðar á braut sinni um jörðu? Útskýrðu af hverju þetta er svona.

Í BRENNIDEPLI

Á tveimur jafnfljótum

Ætla mætti að ekki sé ýkja hættulegt að fá sér göngutúr. En staðreyndin er samt sú að á hverju ári slasast margir fótgangandi þegar þeir renna til í háлку. Gera má ráð fyrir því að árlega slasist 10–30 manns af hverjum 10 000 íbúum vegna háлку á vegum og gangstéttum.

TIL UMRÆÐU

- Hefur þú einhvern tímann dottið í háлку og slasað þig?
- Nefndu nokkur ráð sem þér koma í hug til að fækka háلكuslysum hjá gangandi fólki.
- Útskýrðu með eðlisfræðilegum rökum hvers vegna ráð þín ættu að koma að gagni.

ÖRYGGI Í UMFERÐINNI

Á reiðhjólí

Áður fyrr notaði nánast enginn hjálm á reiðhjólí. Árið 1994 voru sett lög sem skylda alla 15 ára og yngri til að nota hjálm á reiðhjólí. Of fáir nota þó hjálma þegar þeir hjóla. Notkun hjálma var lauslega könnuð hér á landi árið 2012. Þá notuðu 74% hjólreiðamanna hjálm, ári síðar var notkunin 85% og árið 2014 var notkunin komin upp í 88%.

TIL UMRÆÐU

- Notar þú hjálm þegar þú hjólar?
- Heldur þú að könnunin á hjálmanotkuninni 2012–2014 gefi rétta mynd af notkun þessa mikilvæga öryggisbúnaðar?
- Hugsaðu þér að þú sért forvarnarfulltrúi hjá Samgöngustofu og viljir fá fleiri unglinga til að nota hjálm. Hvaða ráð myndir þú nota?



Á rafvespu

Rafknúin, létt bifhjól, í daglegu tali nefnd rafvespur, eru hjól sem eru allt að 4 kW að afli og ná mest 25 km hraða á klukkustund. Lágmarksaldur til að aka slíkum hjólum miðast við 13 ár og þeim má aka á akbrautum, hjóla- og göngustígum. Óheimilt er að flytja farþega á hjólinu fyrir en ökumaðurinn hefur náð 20 ára aldri. Öllum yngri en 15 ára er skylt að nota hjálm við aksturinn. Alvarleg slys hafa orðið á þessum hjólum. Því er brýnt að minna alla á að aka varlega og fylgja umferðarreglum, ekki síst innan um gangandi fólk.

TIL UMRÆÐU

- Hugsaðu þér að þú fái að vera í umferðarlögreglunni í einn dag. Hvað gætir þú gert til þess að fá unglinga ofan af því að taka hraðalæsinguna úr sambandi á rafvespum sínum (tjúna þau)? Nefndu öll ráð sem þér dettur í hug.

TIL UMRÆÐU

- Hvers vegna heldur þú að atvinnubílstjórar noti síður bílbelti en ökumenn einkabíla?
- Hvað getum við gert til þess að fá fleiri til þess að nota bílbelti?

Á bíl

Bílbeltin bjarga mannlífum með því að halda fólki föstu í bílnum við árekstur. Rannsóknir hafa sýnt að bílbelti eru mest notuð í einkabílum (um 90%) en mun minna í flutningabílum og öðrum bílum sem atvinnubílstjórar aka (um 40%). Í nýjustu einkabílum er búnaður sem gefur frá sér ljós og hljóð ef beltin eru ekki spennt og þá eykst notkun bílbeltanna (verður um 99%).

KRAFTAR VIÐ ÁREKSTUR

- Árekstur á 7 kílómetra hraða á klukkustund er eins og að standa uppréttur og falla síðan beint fram fyrir sig á jörðina.
- Árekstur á 30 kílómetra hraða á klukkustund er eins og að detta af fyrstu hæð.
- Árekstur á 50 kílómetra hraða á klukkustund er eins og að detta af þriðju hæð.
- Árekstur á 70 kílómetra hraða á klukkustund er eins og að detta af sjöttu hæð.
- Árekstur á 90 kílómetra hraða á klukkustund er eins og að detta af tíundu hæð.

SAMANTÆKT

1.1

Hreyfing

- *Jöfn hreyfing* er hreyfing með stöðugum hraða og fastri stefnu.
- Ef hraði bíls eða annars farartækis breytist tölum við um *hröðun*, hvort sem hraðinn eykst, minnkar eða breytir um stefnu
- Hreyfing með hröðun nefnist einnig *ójöfn hreyfing*.
- Eftirfarandi vensl eru milli *vegalengdar*, *tíma* og *meðalhraða*.

$$\text{meðalhraði} = \frac{\text{vegalengd}}{\text{tími}} \quad v = \frac{s}{t}$$

$$\text{vegalengd} = \text{meðalhraði} \cdot \text{tími} \quad s = v \cdot t$$

$$\text{tími} = \frac{\text{vegalengd}}{\text{meðalhraði}} \quad t = \frac{s}{v}$$

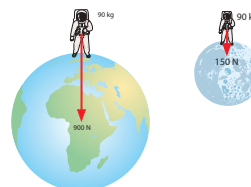
1.2

Kraftar breyta hreyfingu

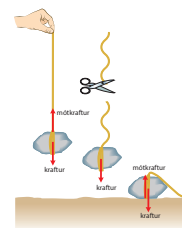
- *Kraftar* eru mældir í einingunni *njúton*. Eitt njúton (1 N) er um það bil jafnstór kraftur og sá þyngdarkraftur jarðar sem togar í 100 g. Hlutur með massanum 1 kg hefur þyngdina 10 N.
- Kraftar eru mældir með *kraftmæli*.
- Þegar hlutur hangir kyrr í bandi er *þyngdarkrafturinn* jafnstór *mótkraftinum* í bandinu.
- Erfitt er að ganga eftir hálum vegi eða hálli gangstétt. Það stafar af því að *núningurinn* milli vegarins og skósólanna er lítill. Núningurinn eykst ef vegurinn er sandaður.
- Í tækjum og vélum er núningur oft til vandræða. Draga má úr núningi með því að nota legur og olíu.
- Núningur er líka oft til góðs, til dæmis þegar við göngum eða þegar bíll eykur hraða sinn.
- Ef við látum penna ná jafnvægi á fingri okkar verðum við að halda fingrinum undir *massamiðju* pennans.
- Hlutur veltur um koll ef *lóðlínan* frá massamiðju hlutarins fer út fyrir *grunnflötinn*.
- Við getum aukið stöðugleika hlutar með því að lækka massamiðju hans eða stækka grunnflötinn.



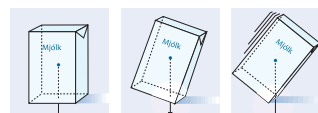
Hraðaaukning í flugtaki.



Gerðu greinarmun á massa og þyngd.



Kraftur og mótkraftur.



Fernan leitar til baka eða veltur um koll.

1.3

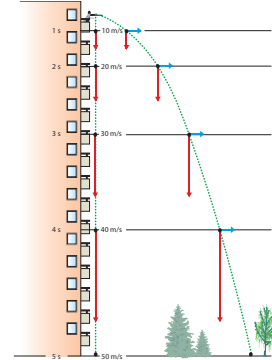
Frjálst fall og brautir gervihnatta

- Með *frjálsu falli* er átt við fall þar sem enginn kraftur hefur áhrif nema þyngdarkrafturinn.
- Steini er kastað beint áfram og um leið er annar steinn látinn detta beint niður úr sömu hæð. Báðir steinarnir ná til jarðar á sama tíma. Þeir falla jafnhvatt.
- *Gervihnöttur* er á braut um jörðu. Margir gervihnöttir eru á braut um jörðu en bara einn náttúrulegur fylgihnöttur, tunglið.

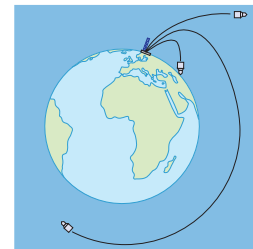
1.4

Tregða og tækni

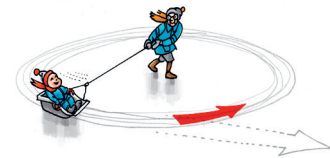
- Ef þú stendur í strætisvagni sem snarhemlar dettur þú fram fyrir þig. Þetta stafar af *tregðu* líkamans.
- *Miðsóknarkraftur* nefnist sá kraftur sem verkar á hlut sem hreyfist í hring. Krafturinn stefnir inn á við, í átt að miðpunktinum. Ef miðsóknarkrafturinn hættir að verka heldur hluturinn áfram í beina stefnu.
- Þyngdarkraftur jarðar gefur miðsóknarkraftinn sem heldur tunglinu og gervihnöttunum á braut um jörðu.



Steinarnir falla báðir jafnhvatt.



Gervihnöttur á braut um jörðu.



Hringhreyfing.

LOKAHDYKKURINN

1

Tengdu hugtökin til vinstri við lýsingarnar til hægri.

- | | |
|--------------------|--|
| 1 Þyngd | A Kraftur sem verkar við snertingu milli hluta |
| 2 Jöfn hreyfing | B Kraftur með stefnu inn að miðju |
| 3 Lofttæmi | C Breyting á hraða |
| 4 Frjálst fall | D Mælitæki sem mælir kraft |
| 5 Miðsóknarkraftur | E Stafar af þyngdarkrafti jarðar |
| 6 Hröðun | F Enginn kraftur verkar nema þyngdarkrafturinn |
| 7 Kraftmælir | G Stöðugur hraði |
| 8 Núningur | H Þar sem ekkert loft er |

2

Ímyndaðu þér að strokleður og A4-blað séu látnin falla samtímis úr sömu hæð. Hvaða svar eða svör eru rétt?

Strokleðrið kemur fyrst niður því að það er þyngra en pappírinn.

A



Strokleðrið kemur fyrst niður. En á tunglinu myndu báðir hlutir falla jafnhratt.

B



Þau falla mishratt því að loftmótstaðan hægir á blaðinu.

C



Tvöfalt þyngra strokleður fellur tvöfalt hraðar til jarðar.

D



3

- a) Hver er þyngd spýtu sem hefur massann 3 kg?
b) Hver eða hverjar af eftirfarandi fullyrðingum eru réttar?

- A: Á tunglinu væri þyngdin 30 N.
B: Á tunglinu væri massinn 3 kg.
C: Á tunglinu væri þyngdin 5 N.

4

- a) Hver eða hverjar af eftirfarandi fullyrðingum byggjast á þekkingu á eðlisfræðilega hugtakinu krafti?

- A: Ég er einhvern veginn svo kraftlaus í dag.
B: Nóbelsverðlaunahafinn í eðlisfræði flutti kraftmikla ræðu.
C: Hjólið veltur niður brekkuna vegna krafts.
D: Kraftur frá jörðu verkar á tunglið.

- b) Færðu rök fyrir svörum þínum.

- 5 Í krullu sópa menn fyrir framan steinana sem renna áfram á ísnum. Hvers vegna heldur þú að menn geri þetta?
- 6 Útskýrðu á eðlisfræðilegan hátt þá staðreynd að kraftlyftingamenn standa ávallt gleiðfættir þegar þeir lyfta mikilli þyngd.
- 7 *Ólöf*: Þegar strætisvagninn fer af stað kastast maður aftur á bak vegna tregðunnar.
Elmar: Nei, þegar vagninn bremsar kastast maður aftur á bak vegna tregðunnar.
- Hvort þeirra hefur rétt fyrir sér? Færðu rök fyrir svarinu.
 - Nefndu dæmi um það að þekking á kröftum og tregðu hafi haft áhrif á þróun bíla.
- 8 Þegar þú rennir þér á sleða niður brekku verkar bæði þyngdarkraftur jarðar og núningskraftur á þig. Hvor þessara krafta er stærri þegar sleðinn:
- byrjar að fá hröðun?
 - rennur með stöðugum hraða?
 - fer að hægja á sér?
- 9
- Nefndu alla krafta sem þú þekkir.
 - Nefndu dæmi um að þekking á kröftum hafi leitt til uppfinninga sem hafa breytt lífnaðarháttum okkar.
- 10 Hér fyrir neðan eru rök A og B með og á móti notkun nagladekkja. A á heima á Seltjarnarnesi við mikla umferðargötu en B á heima á sveitabæ.
- Nefndu hugsanlega skýringu á því að notkun nagladekkja geti verið skaðleg heilsu manna.
 - Útskýrðu áhættumatið hjá B þegar hann segir að allir ættu að nota nagladekk.



Það ætti að banna nagladekk. Þau eru skaðleg fyrir heilsu manna og ættu bara að vera leyfð á snjóþyngstu stöðum landsins, svo sem á Norðurlandi og Vestfjörðum.

A



Nagladekk bjarga mannlífum og þau ættu að vera undir öllum bílum.

B





Hvers vegna sökkvum við minna í snjó ef við göngum á snjóbrúgum eða skíðum?

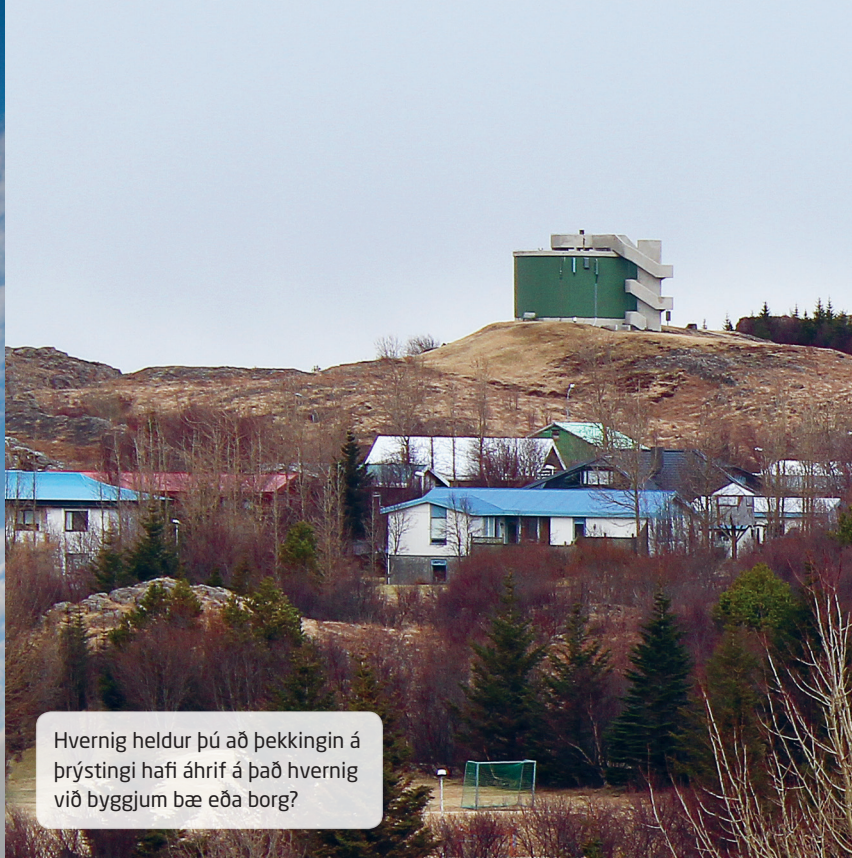
2 ÞRÝSTINGUR

Spurning um líf eða dauða

Hár blóðþrýstingur er fylgikvilli margra sjúkdóma. Þess vegna er það yfirleitt fyrsta verk lækna að mæla blóðþrýstinginn þegar sjúklingur kemur á heilsugæslustöð eða sjúkrahús. Blóðið er undir þrýstingi í líkamanum og það er hjartavöðvinn sem skapar þrýstinginn. Þrýstingur er eiginleiki sem allir vökvar og lofttegundir búa yfir. Auk þess notum við hugtakið þegar fast efni verður fyrir krafti sem nær yfir eitthvert svæði. Það er þekking á þrýstingi sem varð til þess að mönnum tókst að búa til flugvélar, klífa hæstu fjöll jarðar og kafa niður í hafdjúpinn.



Hvernig getum við hannað tilraun sem sýnir að loftið fyrir ofan okkur verkar á okkur með þrýstingi?



Hvernig heldur þú að þekkingin á þrýstingi hafi áhrif á það hvernig við byggjum bæ eða borg?

Í ÞESSUM KAFLA LÆRIR ÞÚ

- hvað þrýstingur er og hvernig hann tengist krafti og flatarmáli
- hvernig við mælum þrýsting
- um þrýsting sem verkar á föst efni og um þrýsting í vökva og lofttegundum
- hvernig þekking á þrýstingi varð til þess að menn gátu búið til nýjar vélar, ný verkfæri og nýjan búnað, meðal annars fyrir sjúkrahús, og hvernig það hefur haft áhrif á líf okkar
- hvernig uppgötvanir tengdar þrýstingi hafa aukið skilning manna á loftþrýstingi og flugi flugvéla
- að taka þátt í rökræðum um vanda sem fylgir mismunandi einingum fyrir þrýsting á heilbrigðisstofnunum og hvaða máli sá vandi geti skipt fyrir sjúklinga

EFNI KAFLANS

2.1 Þrýstingur á föst efni

2.2 Þrýstingur í vökvum

2.3 Þrýstingur í lofttegundum

Í BRENNIDEPLI Þrýstingur í líkamanum

Prýstingur á föst efni



Ef vélin er á beltum en ekki dekkjum þrýstist jarðvegurinn ekki eins mikið saman.

Mikil umferð þunga dráttarvéla og hvers kyns tækja á ræktarlandi þjappar jarðvegin og dregur úr vexti plantna. Vegna þess að erfitt er að framleiða enn stærri og breiðari dekk en nú eru notuð verða menn að leita annarra aðferða til þess að minnka þrýstinginn á jarðvegin. Það nægir ekki að minnka vélarnar aftur og gera þær léttari því að stóru vélarnar eru svo afkastamiklar. Þess vegna setja framleiðendur oft belti undir vélarnar í stað dekkja. Í framtíðinni megum við því búast við að sjá æ fleiri beltadráttarvélar á ökrum og túnum. Til þess að skilja af hverju belti eru heppilegri en dekk þurfum við að fræðast betur um það hvað þrýstingur er í raun og veru.

Hvað er þrýstingur?

Hanna og Heiður eru úti á víðavangi þar sem allt er á kafi í snjó. Hanna er á skíðum en Heiður gangandi. Heiður sekkur á kaf í snjóinn í hverju spori en Hanna ekki og eru þær þó jafnþungar. Hver er skýringin á þessum mun? Skýringin er sú að þær skapa mismunandi *þrýsting* á snjóinn. Heildarkrafturinn, sem heldur stúlkunum uppi, er sá sami í báðum tilvikum en dreifist á misjafnlega stóra fleti. Flatarmál skíðanna, sem Hanna er á, er mun stærra en flatarmálið á bomsunum sem Heiður er í. Þess vegna verður minni þrýstingur (kraftur á flatareiningu) undir skíðum

Hönnu en undir bomsunum hjá Heiði. Undir bomsun Heiðar verður þrýstingurinn svo mikill að snjórinn stendur ekki undir honum og fellur saman. Heiður sekkur því í snjónum en Hanna stendur á skíðunum og sekkur ekki. Meginreglan gildir um alls konar skíði. Því breiðari og lengri sem þau eru þeim mun betur bera þau skíðamanninn í lausamjöll.

Þrýstingur er sem sagt kraftur sem deilist á tiltekinn flöt. Ef krafturinn er sá sami verður þrýstingurinn þeim mun minni sem flatarmálið er meira.

Ef þyngdin deilist á stóran flöt verður þrýstingurinn á snjóinn ekki eins mikill. Það veldur því að stelpan á skíðunum sekkur miklu minna í snjóinn en hin.





Krafturinn er 30 N og grunnflatarmál steinsins er 200 cm². Þrýstingurinn er 0,15 N/cm² (30/200 = 0,15).



Krafturinn er 30 N og flatarmál steinsins er nú 50 cm². Þrýstingurinn er 0,6 N/cm² (30/50 = 0,6).

Þyngdin á 100 g er 1 N.

Þyngdin á 1 kg er 10 N.

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

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

Sami kraftur, misstór flötur

Lítum nánar á það hvernig sami heildarkraftur getur skapað mismunandi þrýsting. Við setjum stein á þvottasvamp. Massi steinsins er 3 kg, sem þýðir að steinninn verkar á svampinn með kraftinum 30 N. Krafturinn jafnast niður á allan svampinn. Þrýstingurinn verður þess vegna ekki svo ýkja mikill og svampurinn pressast lítið saman.

Hvað gerist ef við reisum steininn upp á rönd og látum minni flötinn hvíla á svampinum? Svampurinn pressast nú meira saman, enda er þrýstingurinn meiri. Hér er um sama steininn að ræða og því er krafturinn sá sami í báðum tilvikum. Skýringin á því að þrýstingurinn er nú meiri er sú að krafturinn deilist niður á minni flöt en áður.

Mismunandi einingar fyrir þrýsting

Einingar, sem notaðar eru fyrir þrýsting, eru margar hverjar gamlar en eru þó enn í notkun. Í heilbrigðisgeiranum mæla menn blóðþrýsting í gömlu einingunni millimetrar kvikasilfurs (mm Hg). Þrýstingur í bíldekkjum er enn oft mældur í einingunni pund á fertommu (psi). Margar loftvogir eru með kvarða sem sýnir millibör. Þetta verður svolítið ruglingslegt en til er grunneining fyrir þrýsting sem allir ættu að geta notað í öllum tilvikum.

Einingar fyrir þrýsting

$$1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ hPa} = 100 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ kPa} = 1\,000 \text{ Pa}$$

Grunneiningin fyrir þrýsting

Einingin fyrir þrýsting byggist á grunneiningunni fyrir kraft (njúton, N) og grunneiningunni fyrir flatarmál (fermetri, m²).

Þrýstingur er kraftur á flatareiningu. Grunneiningin í náttúruvísindum er því *njúton á fermetra* (N/m²). Þessi eining nefnist einnig *paskal* og er kennd við franska stærðfræðinginn og eðlisfræðinginn *Blaise Pascal*. Hann er einkum þekktur fyrir rannsóknir sínar í stærðfræði og eðlisfræði á 17. öld.

Þrýstingurinn 1 paskal er lítill þrýstingur. Pappírsblað, sem liggur á borði, skapar um það bil þrýstinginn 1 paskal. Við venjulegar aðstæður er þrýstingurinn mun meiri og þess vegna notum við oft eininguna hektópaskal (1 hPa = 100 Pa) og kílopaskal (1 kPa = 1000 Pa). Veðurfræðingar gefa loftþrýsting oft upp í hektópaskölum en eitt hPa er um það bil þúsundasti partur af venjulegum þrýstingi andrúmsloftsins við yfirborð jarðar.

DÆMI 1

Massi Viðars er 30 kg. Hann er úti í snjónum í klossum og flatarmál sólanna er samtals 500 cm². Hversu mikill verður þrýstingurinn á snjóinn?

Þyngd Viðars er 300 N. Flatarmálið er 500 cm².

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

$$p = \frac{300}{500} \text{ N/cm}^2 = 0,6 \text{ N/cm}^2$$

SVAR: Þrýstingurinn er 0,60 N/cm² (eða 6000 hPa/cm²).

**DÆMI 2**

Stafli af bókum stendur á borði. Massi bókanna er alls 1800 g. Grunnflötur neðstu bókarinnar er 18 cm × 25 cm. Reiknaðu þrýstinginn í kílopaskölum.

Massi bókanna er 1,8 kg, og þyngdin er því 18 N.

Krafturinn, sem verkar á borðið er jafnstór, það er að segja 18 N.

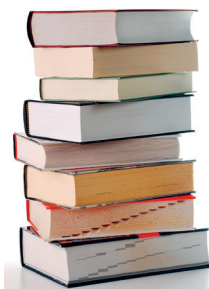
Flatarmál bókarspjaldsins er

$$18 \cdot 25 \text{ cm}^2 = 450 \text{ cm}^2$$

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

$$p = \frac{18}{450} \text{ N/cm}^2 = 0,04 \text{ N/cm}^2 = 400 \text{ N/m}^2 = 400 \text{ Pa} = 0,4 \text{ kPa}$$

SVAR: Þrýstingurinn er 0,4 kPa.





Ef mikill kraftur verkar á lítinn flöt verður þrýstingurinn mjög mikill. Öxin vinnur því best ef hún er flugbeitt.

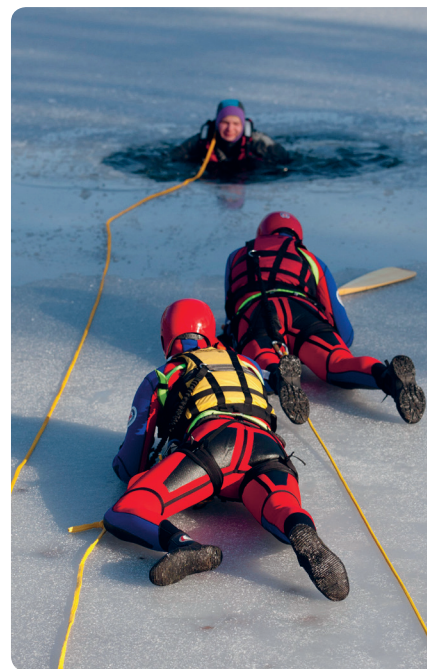
Ef við þurfum að bjarga einhverjum úr vök er skynsamlegt að leggjast flatur. Þá hvílir líkaminn á stærri fleti á ísnum og þrýstingurinn á hverja flatareiningu verður þess vegna minni.

Lítið flatarmál gefur mikinn þrýsting

Oft er heppilegast að þrýstingur verki á sem minnstan flöt, því að þá getur þrýstingurinn orðið mjög mikill. Eggin á hnífum og öxum og oddurinn á nöglum og nálum hafa lítið yfirborð sem verkar á flötinn á móti og þess vegna ganga þessir hlutir auðveldlega inn í hin ýmsu efni. Það hversu lítið flatarmálið er á oddi nagla ásamt kraftinum frá hamrinum veldur því að þrýstingurinn verður mjög mikill þegar nagli er rekinn í spýtukubb og naglinn gengur því léttilega inn í viðinn.

Stórt flatarmál gefur lítinn þrýsting

Við sumar aðstæður er lífsnauðsynlegt að hugsa út í hvernig flatarmál og þrýstingur tengjast. Þetta á til dæmis við þegar þú ferð á hlaupaskautum út á ísi lagt vatn. Skautarnir eru mjóir og þrýstingurinn verður mikill á ísinn og hann getur brotnað. Ef þú þarft að hjálpa einhverjum sem hefur dottið niður í gegnum ís er mikilvægast að þrýstingurinn af sjálfum þér verði sem minnstur á hverja flatareiningu íssins. Þetta gerir þú best með því að leggjast á ísinn og mjaka þér áfram að þeim sem þarf á hjálp að halda. Með þessu móti deilir þú þyngd líkamans á stærri flöt.





Hjólin á þungum vélum skapa mikinn þrýsting sem getur haft skaðleg áhrif á jarðveginn. Til bóta er að nota tvöföld dekk eða belti.

Landbúnaður og skógrækt

Í landbúnaði er nú lögð aukin áhersla á að koma í veg fyrir að landið verði fyrir miklum þrýstingi. Dráttarvélar og ýmis tæki verða sífellt stærri og þyngri, til dæmis haugsugur og kornþreskivélar. Nýjustu gerðir kornþreskivéla skera nú tvöfalt stærri kornakra á einum degi en fyrir tuttugu árum. Þessar þungu vélar hafa skaðleg áhrif á jarðveginn. Því þjappaðri sem hann verður undan þunga vélanna þeim mun verr vaxa plönturnar á eftir. Til að minnka þrýstinginn á jarðveginn eru stærstu vélarnar nú oft hafðar á beltum í stað dekkja. Flatarmál beltanna er umtalsvert stærra en snertiflötur venjulegra dekkja og þess vegna verður þrýstingurinn minni.

Í skógrækt er svipað vandamál uppi, einkum í löndum þar sem skógrækt er mikilvæg búgrein, til dæmis í Noregi, Svíþjóð og Finnlandi. Nýjustu skógræktarvélar eru mjög þungar og hjól þeirra sökkva í landið, jafnvel þótt hjólin séu samtengd með keðjum sem líkjast beltum. Skógarjarðvegurinn er víða mjúkur og gljúpur og þess vegna skerast djúp hjólför í landið. Málmar og önnur efni, sem eru yfirleitt bundin í jarðveginum, losna úr læðingi og vatn rennur eftir hjólförunum og vatnsjafnvægið raskast í jarðveginum.

Þekking á þrýstingi og þyngd er því mikilvæg til að komast megi hjá skaðlegum áhrifum vegna umferðar þungra véla um landið.

SIJALFSPRÓF UR 2.1

ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

• kraftur • þrýstingur • paskal • hektópaskal

1. Nefndu dæmi um tilvik þar sem þú telur æskilegt
 - a) að minnka flatarmálið til þess að fá mikinn þrýsting
 - b) að stækka flatarmálið til þess að fá lítinn þrýsting
2. Skýrðu þá staðreynd að það er hættulegra fyrir þig að vera á veikum ísi ef þú ert á skautum en ef þú ert gangandi.
3. Hversu mikill er þrýstingurinn ef krafturinn er 100 N og flatarmálið 10 cm²?
4. Hver er þrýstingurinn í paskölum ef krafturinn er 100 N og flatarmálið 2 m²?
5. Fiskabúr, sem vegur 600 kg, stendur á borði. Flatarmál botnsins í búrinu er 1 m².
 - a) Hversu mikill kraftur verkar á borðið?
 - b) Hversu mikill er þrýstingurinn? Gefðu hann upp í paskölum.
6. Hvernig reyna menn að minnka þrýstinginn sem landbúnaðarvélar skapa á jarðveginn?

7. Gosflaska með sléttum botni er 600 g og stendur á borði.
 - a) Hversu stór kraftur verkar á borðið?
 - b) Hversu stór yrði krafturinn ef flöskunni yrði snúið á haus?
 - c) Hvort er þrýstingurinn meiri þegar flaskan stendur rétt eða þegar hún stendur á haus?
 - d) Hversu mikill er þrýstingurinn þegar flaskan stendur rétt ef flatarmál botnsins er 30 cm²? Gefðu svarið bæði í N/cm² og kPa.
 - e) Ef við snúum flöskunni á haus minnkar flatarmálið, sem snertir borðið, niður í 1/6 af botnflatarmálinu. Hver verður þrýstingurinn nú?
8. Hver verður krafturinn á undirlagið ef botnflatarmálið er 2 m² og þrýstingurinn 4,5 kPa?
9. Vigtaðu eðlisfræðibókina þína og mældu hæð og breidd bókarspjaldsins. Reiknaðu síðan þrýstinginn ef bókinn liggur á borði. Gefðu niðurstöðuna í kílopaskölum. Námunnaðu að heilum tug.
10. Kona, sem vegur 60 kg, lætur alla þyngd sína hvíla á tveimur skókhælum, sem hvor um sig hefur flatarmálið 2 cm². Ímyndum okkur að fill, sem vegur 5 tonn, standi við hlið hennar á fjórum fótum sínum og flatarmál hvers fílsfótar sé 2000 cm². Hvort þeirra skapar meiri þrýsting á gólfíð?



2.2

Prýstingur í vökvum

Það er jafnnaðsynlegt að vita hversu djúpt maður kafar og að vita hversu mikið súrefni er eftir í kútnum á bakinu. En hvernig mælum við dýpið? Fyrstu kafararnir mældu dýpið með bandi með hnútum á. Þegar eðlisfræðingar uppgötvuðu hvernig mætti mæla prýsting í vatni breyttist þetta. Nú nota menn prýstimæla til að mæla dýpi og notfæra sér að prýstingurinn eykst í beinu hlutfalli við dýpið.



Prýstingur í vatni

Þeir sem hafa kafað niður á tveggja metra dýpi eða svo í vatni vita að því fylgir verkur í eyrum. Það sem gerist er að hljóðhimnan verður fyrir prýstingi frá vatninu. Prýstingurinn stafar af þyngd vatnsins. Því dýpra sem við köfum þeim mun meira vatn er fyrir ofan okkur. Þess vegna eykst prýstingurinn eftir því sem dýpra er kafað.

Ef við köfum niður á tíu metra dýpi verkar prýstingur á líkamann sem nemur 10 N/cm^2 umfram loftprýstinginn við vatnsyfirborðið sem við erum vön. Þetta er sami prýstingur og ef 1 kg þyngd hvíldi á hverjum einasta fersentimetra líkamans. Prýstingurinn á sama dýpi er jafnmikill í allar áttir. Þess vegna verkar jafnmikill prýstingur á kvið kafara og bak hans ef hann er í lóðréttri stöðu.

Prýstingurinn ræðst líka af því hver *eðlismassi* vatnsins er. Eðlismassi salts vatns er örlítið meiri en eðlismassi fersks vatns. Þess vegna verða kafarar fyrir aðeins meiri prýstingi í sjó en á sama dýpi í stöðuvötnum en munurinn er óverulegur.

Prýstingur vatnsins verkar jafnt á allar hliðar kafarans. Því dýpra sem hann kafar þeim mun meiri verður prýstingurinn. Að lokum er prýstingurinn orðinn svo mikill að kafarinn nær ekki að þenja út brjóstkassann til að anda.

ÍTAREFNI

HVERSU DJÚPT GETA MENN FRÍKAFAD?

Myndin sýnir einstakan fríkafara að nafni Tanya Streeter. Hún getur kafað niður á meira en 150 m dýpi með því að nota lóð, línur og sundblöðkur. Það er nær óhugsandi að nokkur maður geti farið dýpra en þetta án súrefniskúts og köfunarbúnings. Mörg dýr geta hins vegar kafað ótrúlega djúpt. Búrhvalir geta kafað niður á meira en 1200 m dýpi án nokkurra vandkvæða.



Pannig mæla kafarar þrýstinginn

Allir kafarar, sem ætla sér að vera lengi í kafi, verða að hafa með sér margs konar búnað. Við könnumst við munnstykkið, súrefniskútinn á bakinu og *þrýstimælinn* sem kafarar nota. Þrýstimælirinn sýnir þrýstinginn í súrefniskútnum. Hár þrýstingur merkir að enn er mikið súrefni eftir á kútnum. Þegar kafarinn hefur kafað um stund lækkar þrýstingurinn og kafarinn þarf að huga að því að koma sér upp á yfirborðið áður en öndunarloftið klárast.

Kafarinn tekur líka annan þrýstimæli með sér. Hann mælir þrýsting vatnsins kringum kafarann og sýnir dýpið sem samsvarar þrýstingnum. Þrýstingurinn eykst í beinu hlutfalli við dýpið og því er hægt að nota þrýstinginn til að reikna út dýpið.



Annar mælirinn sýnir þrýstinginn í súrefniskútnum og hinn gefur upp dýpi í metrum. Báðir mæla þrýsting.



Hvers vegna erum við svona létt í vatni?

Hvers vegna er það svo miklu léttara að hoppa og skoppa nokkra tugi sentimetra í sundlaug en á þurru landi?

Þessari spurningu svaraði Grikkinn *Arkímedes* fyrir 2000 árum. Reglan, sem hann uppgötvaði, var síðan kennd við hann og nefnist *lögmál Arkímedesar*. Þegar við erum á kafi í vatni ryður líkami okkar frá sér ákveðnu rúmmáli af vatni. Samkvæmt lögmáli Arkímedesar létstúms við sem nemur þyngd þess vatns sem við ryðjum frá okkur.

Vatnið hjálpar sem sagt til að lyfta okkur. Eðlisfræðileg skýring á því er sú að á okkur verkar *lyftikraftur* frá vatninu. Þrýstingurinn neðan á okkur vísar upp á við og er meiri en þrýstingurinn ofan á okkur sem vísar niður. Þannig verður til nettókraftur frá vatninu sem vísar upp á við og við köllum hann því lyftikraft. Allir vökvar búa yfir tilteknum lyftikrafti. Því meiri sem eðlismassi vökvans er þeim mun meiri er lyftikrafturinn. Og vegna þess að sjór er eðlisþyngri en ferskt vatn verður lyftikrafturinn örlitlu meiri í sjó en í ferska vatninu. Ef þú situr í árabát á vatni skapar vatnið lyftikraft sem er nákvæmlega jafnstór og sem nemur þyngd þess vatns sem báturinn ryður frá sér. Og vegna þess að báturinn flýtur er lyftikrafturinn jafnstór samanlagðri þyngd þinni og bátsins.



Sagan segir að Arkímedes hafi verið í baði þegar hann áttaði sig á því sem nú kallast lögmál Arkímedesar. Lyftikraftur vatnsins er jafnstór og þyngd þess vatns sem líkaminn ryður frá sér.

DÆMI

Steinn hefur þyngdina 250 N og rúmmálið 10 000 cm³. Steinninn er látinn sökkva í vatn.

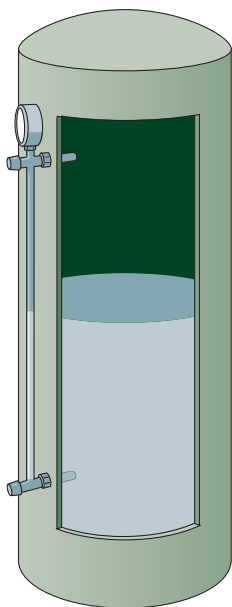
- Hversu stór er lyftikrafturinn?
- Útskýrðu þá staðreynd að steinninn sekkur.
 - Steinninn ryður frá sér 10 000 cm³ af vatni. Þar eð 1000 cm³ af vatni vega 1 kg vegur það vatn, sem steinninn ruddi frá sér, alls 10 kg. Þyngd þess vatns sem steinninn ryður frá sér er 100 N, sem er jafnstór lyftikrafti vatnsins.
 - Lyftikrafturinn (100 N) er minni en sem nemur þyngd steinsins (250 N). Þess vegna sekkur steinninn.



SVAR: a) 100 N b) Skýringin er sú að lyftikrafturinn er minni en sem nemur þyngd steinsins.

Lögmál Arkímedesar

Lyftikrafturinn, sem verkar á hlut sem er á kafi í vökva eða flýtur í honum, er jafn þyngd þess vökva sem hluturinn ryður frá sér.



Vökvaborðið verður alltaf í sömu hæð í samgangskerum. Þess vegna er hæð vökvans í grönnu pípunni sú sama og hæð vökvans í stóra tankinum.

Samgangsker

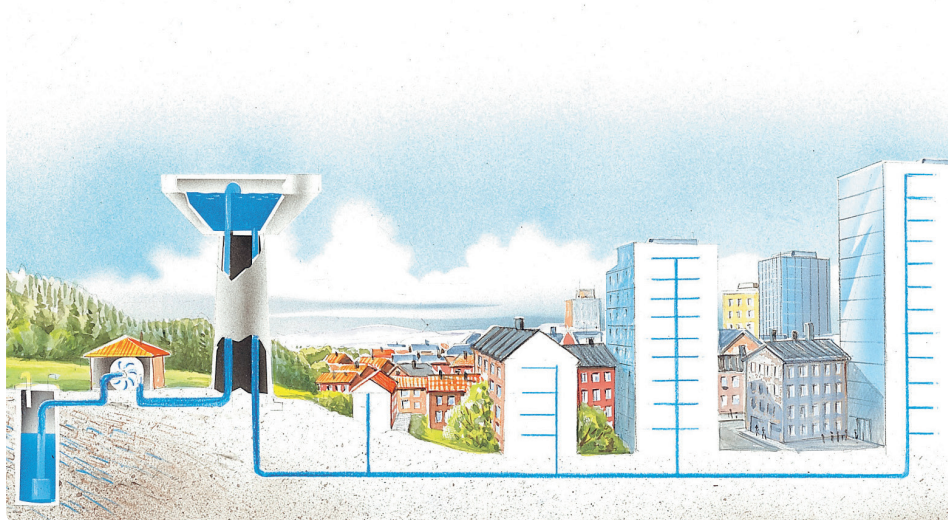
Ef við höfum glæra slöngu getum við uppgötvað merkilegt fyrirbæri. Við höldum báðum endum slöngunnar uppi og hellum vatni í hana. Við sjáum að vatnsborðið í báðum slönguendunum stöðvast í sömu hæð. Engu máli skiptir þótt við lyftum öðrum endanum hærra en hinum.

Þessa hegðun vökvna nýtum við okkur í svonefndum *samgangskerum*. Dæmi um þetta eru ryðfríir tankar sem eru meðal annars notaðir í matvælaiðnaði. Utan á tankinum er grönn, lóðrétt glerpípa sem opnast inn í tankinn bæði neðst og efst. Vökvaborðið í tankinum er þess vegna í nákvæmlega sömu hæð og vökvaborðið í glerpípunni. Menn geta því lesið hæðina í tankinum með því að líta á glerpípuna í stað þess að þurfa að klífra upp á tankinn, opna lok efst á honum og kíkja niður í hann.

Vatnsgeymir skapar þrýsting í krönunum í húsum okkar

Við nýtum okkur einnig þessa meginreglu um samgangsker þegar vatnslagnir í húsum eru hannaðar. Ef við komum *vatnsgeymi* fyrir í hæfilegri hæð, uppi á hól eða á fjalli, myndast þrýstingur í öllum vatnslögnum sem tengjast honum. Vatnsborðið í lögnum húsanna er lægra en vatnsborðið í geyminum. Þrýstingurinn leitast við að koma vatnsborðinu í rörunum í sömu hæð og vatnsborðið í vatnsgeyminum hefur.

Nú á dögum geta menn einnig notað sjálfstýrðar dælur til að koma vatni upp í hús sem standa hátt. Vatnið getur þá stigið hærra en í vatnsgeymunum sem kunna að vera tengdir við veitukerfið.



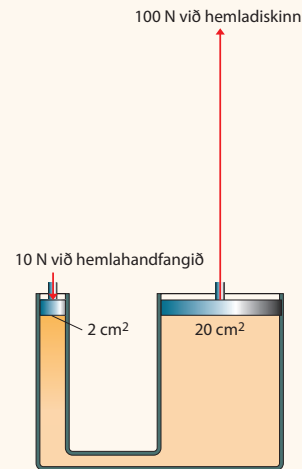
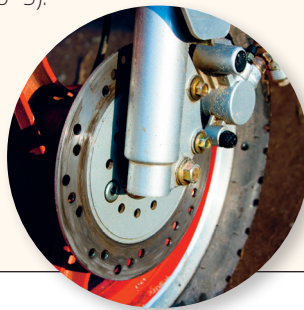
Vatnsturninn og allar vatnslagnirnar í húsunum eru tengdar saman og mynda eitt samgangsker. Þetta veldur því að þrýstingur myndast í vatnslögnunum í húsunum. Vatnið stígur upp í sömu hæð og það hefur í vatnsturninum.

ITAREFNI

PANNIG VERKA VÖKVAHEMLAR

Þrýstingur í vökva er sá sami í allar áttir. Þessa staðreynd hafa verkfræðingar nýtt sér við hönnun hemla, til dæmis á bifhjólum. Þegar við tökum í hemlahandföngin þjappast hemlavökvinn saman og þrýstingur í honum vex. Þrýstingurinn er sá sami alls staðar í vökvanum og því berst þrýstingurinn eftir hemlarörinu til hemladiskanna á framhjólinu. Bullan, sem þrýstir á hemladiskana, hefur stærra flatarmál en bullan við hemlahandföngin. Það veldur því að krafturinn, sem verkar á hemladiskana, margfaldast en bullurnar færa stöðugt miklu skemmi vegalengd en handföngin.

Gerum ráð fyrir því að þú hemlir með því að þrýsta á hemlahandföngin með krafti sem er 10 N. Bullan við handfangið hefur flatarmálið 2 cm². Þá skapar þú þrýsting í hemlavökanum sem nemur 5 N/cm² ($10/2 = 5$). Ef flatarmál hemlabullunnar er 20 cm² verður krafturinn, sem verkar á hemladiskana, 100 N ($20 \cdot 5$).

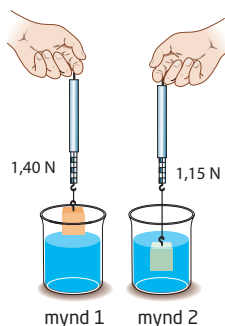


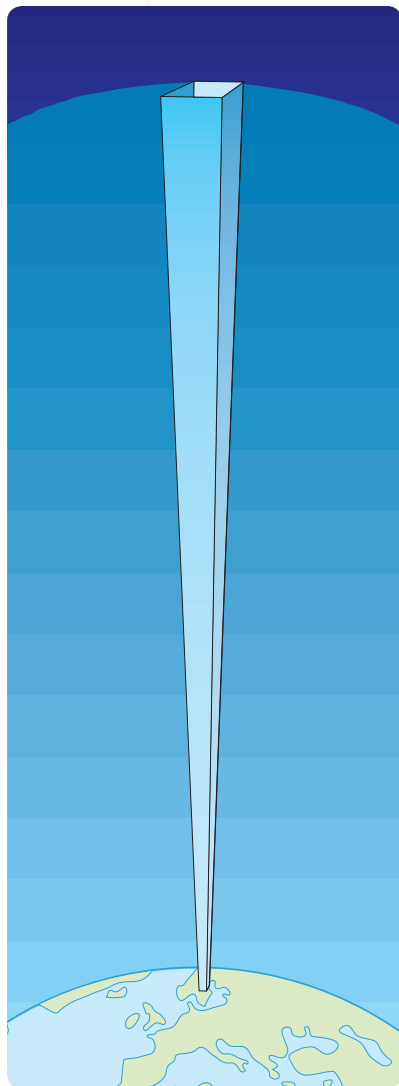
SIÁLFSPRÓF ÆR 2.2

ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

• eðlismassi • þrýstimælir • lögmál Arkimedesar • lyftikraftur • samgangsker

- Hvernig breytist þrýstingurinn með dýpi þegar þú kafar í sundlaug?
- Kafari stendur á botni stöðuvatns. Hvort er þrýstingurinn meiri á nef kafarans eða á eyru hans?
- Nefndu tvö dæmi um samgangsker sem þú veist af í umhverfi þínu.
- Útskýrðu þá staðreynd að þú flýtur betur í sjó en í stöðuvatni.
- Ef þú baðar þig í Dauðahafinu flýtur þú eins og korktappi því að eðlismassi vatnsins er svo mikill. Þá verka á þig tveir kraftar.
 - Hverjir eru þessir tveir kraftar?
 - Hvor kraftanna er stærri?
- Hver er þyngd hlutarins sem hangir í kraftmælinum?
 - Hvers vegna sýnir kraftmælirinn lægri tölu þegar hlutnum hefur verið sökkð í vatn?
 - Hversu stór er lyftikrafturinn?
- Útskýrðu það að vatnsgeymir, sem er uppi á hæð einhvers staðar í grennd við húsið þitt, veldur því að þú færð heitt eða kalt vatn í hóbýli þín.
- Hlutur hangir í kraftmæli. Mælirinn sýnir 1,2 N. Þegar hlutnum er sökkð í mæliglas með vatni í stígur vatnsborðið frá 60 ml og upp í 90 ml.
 - Reiknaðu eðlismassa hlutarins.
 - Hversu stór er lyftikrafturinn?
- Ísjaki flýtur á vatni. Vitað er að 90% af ísjaka eru alltaf undir yfirborði vatnsins. Hvers vegna er svo stór hluti ísjakans undir vatnsborðinu?





Eðlilegur loftþrýstingur er 1013 hPa, sem er um það bil 10 N/cm². Það þýðir að loftsúla með grunnflötinn 1 cm², sem nær frá yfirborði jarðar og að ystu mörkum lofthjúpsins, hefur þyngdina 10 N.

2.3

Prýstingur í lofttegundum

„Við lifum á botni hafs úr lofttegundum og tilraunir hafa sýnt að þær hafa massa!“ Þetta skrifaði Ítalinn *Evangelista Torricelli* í trúnaði í bréfi til góðs vinar um miðja 17. öld. Hann þorði ekki að segja öðrum frá niðurstöðunum úr tilraunum sínum. Hann óttaðist að verða fyrir sömu örlögum og Galíleó Galíleí, nefnilega þeim að kaþólska kirkjan myndi saka hann um trúvillu. Í tilraun Torricellis myndaðist lofttæmi í glerpípu og á þeim tíma töldu menn að lofttæmi væri óhugsandi fyrirbæri. Við getum þakkað Torricelli að við vitum nú betur.

Loftþrýstingur er mestur við yfirborð jarðar

Loftlagið umhverfis jörðina er um það bil 100 kílómetra þykkt og kallast *lofthjúpur*. Við sjáum loftið ekki og því er auðvelt að trúa því að það vegi ekki neitt. En þetta 100 kílómetra þykka lag úr lofti hefur mikinn massa. Þyngd loftsins skapar *loftþrýstinginn* sem Torricelli uppgötvaði.

Því herra í lofthjúpunum sem menn fara þeim mun minna verður loftið fyrir ofan okkur auk þess sem það þynnist með hæð. Loftþrýstingurinn minnkar þess vegna verulega eftir því sem ofar dregur. Og rétt eins og í vökva er þrýstingur í lofti jafnmikill í allar áttir. Það merkir að þrýstingurinn á bringuna er nákvæmlega sá sami og á bakið þegar við stöndum upprétt og nefbroddurinn verður fyrir um það bil sama þrýstingi og miðhluti eyrnanna.

Vatnið í glasinu rennur ekki úr því vegna þess að loftþrýstingurinn þrýstir á pappaspjaldið með stærri krafti, sem verkar upp, en þeim krafti sem skapast af þyngd vatnsins og vísar niður.



Fyrsta loftvogin

Torricelli hafði með glerpípu sinni búið til fyrsta mælinn sem mældi loftþrýsting – *loftvogina*. Tilraunin var þannig að hann fyllti glerpípu með fljótandi kvikasilfri. Síðan setti hann finger fyrir opna endann og setti þann enda í skál með kvikasilfri. Þegar hann tók fingerinn í burtu seig kvikasilfrið nokkra sentimetra í efri enda pípunnar. Þar hafði orðið til rými með lofttæmi. Hæðarmunurinn frá skálinni upp til vökvaborðsins í glerpípunni var um það bil 760 mm. Þrýstingur loftsins hélt uppi kvikasilfurssúlunni í glerpípunni. Þetta er skýringin á því að loftþrýstingur hefur lengi verið gefinn upp í *millimetrum kvikasilfurs* (mm Hg).

Þannig er loftþrýstingur mældur

Enn í dag notum við *loftvogir* til þess að mæla loftþrýsting þó að yfirleitt sé ekki lengur kvikasilfur í þeim. Nú er loftþrýstingur hins vegar gefinn upp í einingunni *hektópaskal* (hPa). Margar loftvogir eru þó líka kvarðaðar í gömlu einingunni *millibar* (mbar) og millimetrum kvikasilfurs (mm Hg). Einingin hektópaskal er þó það sama og millibar.

Loftþrýstingurinn er breytilegur eftir stöðum og breytist frá degi til dags. *Staðalloftþrýstingur* við sjávarmál er 1013 hPa. Það samsvarar 760 mm Hg. Þegar ofar kemur í lofthjúpnum lækkar loftþrýstingurinn. Þrýstingurinn minnkar í fyrstu um það bil 1 hPa fyrir hverja átta metra sem hæðin eykst. Þetta stafar af því að minna loft er fyrir ofan okkur eftir því sem ofar dregur.



Þegar loftþrýstingur er eðlilegur þrýstir loftið á yfirborð kvikasilfursins í skálinni þannig að súlan í glerpípunni verður 760 mm há. Eðlilegur loftþrýstingur er því sagður vera 760 mm kvikasilfurs (mm Hg).



Er svona loftvog heima hjá þér? Þessi sýnir 1016 hPa.



Hvernig getur fyrirbæri á borð við þetta eiginlega flogið? Skýringin liggur í mismunandi þrýstingi loftis.

Firnastórar flugvélar

Það tók manninn langan tíma að læra listina að fljúga. Á 19. öld fórnðu margir frumkvöðlar lífi sínu þegar þeir voru að reyna að fljúga farkostum sínum sem oft voru þó þaulhugaðir. Bandaríkjamaðurinn *Orville Wright* fór fyrstu flugferðina í vélknúnum farkosti árið 1903.

Nú eru svo margar flugvélar á lofti samtímis við suma flugvelli að öngþveiti getur skapast. Hvað veldur þessu eiginlega? Stærsta flugvél heims rúmar yfir 500 manns og massi hennar er rúm 500 tonn, fullhlaðin. Hvernig getur svona stór og þung flugvél eiginlega flogið?

Ein af skýringunum snýst um þrýsting. Við vængina skapast alltaf munur á þrýstingi fyrir ofan vængina og fyrir neðan þá. Vængirnir eru þannig lagaðir að loftið hreyfist hraðar við efra borð vængjanna en við neðra borð þeirra. Þegar loft hreyfist hratt lækkar þrýstingur þess. Vængirnir þrýstast því upp á við vegna þrýstingsins sem er hærri undir vængjunum en fyrir ofan þá. Því hraðar sem vélin hreyfist miðað við loftið umhverfis, þeim mun meiri verður þrýstingsmunurinn og þeim mun stærri verður lyftikrafturinn. Þess vegna taka flugvélar sig yfirleitt á loft á móti vindi.

Lyftikraftur myndast líka þegar loftið þrýstist skáhallt niður við afturbrún vængjanna. Þetta skapar líka aukinn þrýsting fyrir neðan vængina og eykur því enn muninn á þrýstingnum fyrir ofan og neðan þá. Þú getur fundið fyrir þessu fyrirbæri þegar þú ert á ferð í bíl. Réttu höndina út um gluggann og láttu hana vera vænglagaða en snúa dálítið á ská. Þá finnur þú vel hvernig höndin þrýstist upp á við.



Munurinn á þrýstingnum við efra borð vængsins og neðra borð hans skapar lyftikraft sem heldur flugvélinni á lofti.



Með hjólapumpu getum við pumpað loftsameindum inn í dekkið þannig að þar verði fleiri loftsameindir á rúmmálseiningu en utan þess. Prýstingurinn í dekkinu verður þá meiri en utan þess. Ef springur á dekkinu verður prýstingurinn aftur sá sami inni í dekkinu og utan þess.

Hvernig myndast prýstingur í lofttegund?

Prýstingur í dekki á reiðhjóli verður að vera miklu meiri en eðlilegur loftprýstingur, því að annars verður erfitt að hjóla. En hvernig látum við prýstinginn verða miklu meiri í dekki á reiðhjóli en utan þess?

Inni í dekkinu (í slöngunni, nánar tiltekið) hreyfast sameindir loftsins frjálssar til og frá. Þær rekast stöðugt á innanvert dekkið. Dekkið verður því fyrir *prýstingi*. Eftir því sem við pumpum meira lofti í dekkið þeim mun fleiri verða sameindirnar sem geta rekist á innveggi dekkisins. Prýstingurinn vex af þeim sökum. Ef hvellspringur á dekkinu prýstist loftið út og prýstingurinn verður fljótt sá sami inni í dekkinu og utan þess.

Prýstingurinn fer þó ekki bara eftir magni lofttegundanna heldur einnig eftir hraða sameindanna. Hann eykst þegar hitastigið hækkar og því hækkar prýstingurinn með auknum hita. Hann lækkar á hinn bóginn ef hitastigið lækkar. Við finnum fyrir þessu með því að dekkinn verða linari í kulda en í hita.

Yfirprýstingur - prýstingur sem er hærri en loftprýstingurinn

Ef prýstingur í ílát eða öðrum hlut er hærri en sem nemur loftprýstingnum er talað um *yfirprýsting*. Dekk á reiðhjóli, blöðrur og úðabrusar eru dæmi um ílát og hluti með yfirprýstingi.

Kafarar nota gaskúta sem eru fylltir með súrefni og fleiri lofttegundum. Helsti kosturinn við gaskúta er sá að við getum þjappað lofttegundum saman þannig að mjög mikið af þeim kemst fyrir í litlum kút. Þegar við þjöppum súrefni saman setjum við mikinn fjölda súrefnissameinda inn í gaskútinn með prýstingi. Eftir því sem fleiri sameindir eru þvingaðar inn í kútinn þeim mun meiri verður yfirprýstingurinn í kútnum.

Og vegna þess að prýstingurinn vex þegar hitastigið hækkar eru gaskútar mjög viðkvæmir fyrir því að hitna. Þess vegna gilda sérstakar reglur um geymslu þeirra. Gaskútur, sem hitnar mjög mikið, getur sprungið með miklum krafti.



Í uppblásinni blöðru ríkir yfirprýstingur.

SAGNFRÆÐI

HÁLFKÚLURNAR Í MAGDEBORG

Árið 1654 kynnti borgarstjóri Magdeborgar, *Otto von Guericke*, til sögu nýtt tæki – loftdælu. Hann tók tvær koparskálar, sem voru eins og hálfkúlur í lögun og um 50 sentimetrar í þvermál. Hann hvolfði þeim saman og dældi loftinu á milli þeirra út með loftdælunni þannig að undirþrýstingur varð í kúlunni sem þá var orðin til. Við þetta þrýstust hálfkúlurnar saman vegna loftþrýstingsins á þær utanverðar. Mönnum til mikillar undrunar þurfti hvorki meira né minna en 16 hesta til að losa hálfkúlurnar hvora frá annarri. Síðan eru þær nefndar Magdeborgarhálfkúlurnar.



Undirþrýstingur - þrýstingur sem er lægri en loftþrýstingurinn

Sumir kaffipakkar eru fastir og harðir viðkomu. Þegar við klippum svo á umbúðirnar heyrist sogandi hljóð, pakkinn skreppur til og verður mjúkur. Hver er skýringin?

Hún er sú að kaffið er í *lofttæmdum* umbúðum. Þegar kaffinu er pakkað eru nær allar loftsameindir dregnar út úr pakkanum með dælu þannig að *undirþrýstingur* myndast í honum. Undirþrýstingur er þrýstingur sem er lægri en loftþrýstingur umhverfisins. Þegar nánast öllum loftsameindum hefur verið dælt út úr pakkanum hefur hann verið lofttæmdur. Í reynd er gríðarlega erfitt að ná út öllum sameindum. Við segjum því að lofttæmi sé náð þegar þrýstingurinn er lægri en þúsundasti hluti af eðlilegum loftþrýstingi, þegar hann er með öðrum orðum kominn undir 1 hPa.

Þar eð þrýstingurinn í kaffipakkanum er miklu lægri en loftþrýstingurinn utan hans þrýstir loftið fyrir utan pakkanum saman þannig að hann verður harður og fastur fyrir. Þá verður auðveldara að flytja kaffið og það dregur ekki í sig raka.

Við getum líka skapað undirþrýsting í íláti eða umbúðum með því að lækka hitastig lofttegundarinnar. Þá hreyfast sameindirnar hægar. Færri sameindir rekast á vegg ílátsins og þrýstingurinn lækkar. Vegna þess að loftþrýstingurinn utan ílátsins er hærri en þrýstingurinn innan þess beyglast ílátið saman nema það sé nægilega sterkt til þess að þola þrýstinginn.

SÍALFSPRÓF UR 2.3

ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

• loftþrýstingur • lofttæmi • loftvog • hektópaskal • yfirþrýstingur • undirþrýstingur

1. Hvað nefnist loftlagið sem umlykur jörðina?
2. Hver er staðalloftþrýstingur við sjávarmál?
3. Hvernig breytist loftþrýstingurinn ef þú klífur hátt fjall eða ekur upp á heiði?
4. Hvað er átt við með orðinu yfirþrýstingur?
5. Skýjakljúfur er 320 m hár. Hversu mikill er munurinn á loftþrýstingnum efst og neðst í byggingunni?
6. Hvers vegna minnkar þrýstingurinn í dekkjunum á reiðhjólunum þegar kalt er úti?
7. Notaðu þekkingu þína í eðlisfræði til þess að skýra hvernig flugvél getur flogið.
8. Óskar á loftvog með kvarða sem sýnir mm Hg. Einn góðan veðurdag tekur hann loftvogina með sér upp á fjallstind sem er 1200 metra hár. Hvað sýnir loftvogin hans á tindinum ef staðalþrýstingur er við sjávarmál þennan dag? Námundaðu að heilli tölu.
9. Lestu rammann um Magdeborgarhálfkúlurnar. Segjum að hvor hálfkúlan hafi þverskurðarflatarmálið 4000 cm². Með hversu stórum krafti þarf hver hestur að toga til að ná hálfkúlunum sundur?

Í BRENNIDEPLI

PRÝSTINGUR Í LÍKAMANUM

Prýstingur í líffærum líkamans

Hjartað skapar þrýsting í æðakerfinu. Lungun og vöðvarnir umhverfis þau hafa áhrif á þrýsting loftins í þeim. Þegar við þissum skapar þvagblaðran þrýsting sem þrýstir þvagini út. Ýmiss konar þrýstingur er nefnilega nauðsynlegur til þess að líkami okkar starfi eðlilega og okkur líði vel. Grunneiningin fyrir þrýsting er paskal (Pa), en sú eining er nánast aldrei notuð innan heilbrigðisgeirans.

120 yfir 60

Blóðþrýstingurinn er 120/60 mm Hg, segir lækurinn oft við þá sem koma til hans og eru ungir og frískir. Einingin er millimetrar kvikasilfurs. Fyrri talan tilgreinir þrýstinginn sem myndast í slagæðunum þegar hjartað dælir blóðinu út í þær og hin talan er þrýstingurinn sem ríkir í æðunum þegar hjartað er í hvíld.

TIL UMRÆÐU

- Hefur þú heyrt talað um eininguna paskal?

TIL UMRÆÐU

- Getur þú nefnt eitthvert annað tilvik þar sem einingin mm Hg er notuð?
- Af hverju heldur þú að einingin mm Hg sé notuð þarna í stað grunneiningarinnar paskal (Pa)?

Þrýstingsbreytingar við öndun

Starfsemi lungnanna er metin á mismunandi vegu, meðal annars með því að mæla hversu mikinn þrýsting við getum skapað þegar við öndum frá okkur og þegar við öndum að okkur. Á sjúkrahúsum er þessi þrýstingur mældur í einingunni cm H₂O. Úr þessu er lesið sem „sentimetrar vatns“. Þetta er svipuð eining og mm Hg nema hér er miðað við vatnssúlu en ekki kvikasilfurssúlu. Þegar sjúklingur þarf hjálp við að anda í svokölluðu öndunartæki stillir starfsfólkið þrýstinginn í cm H₂O.

TIL UMRÆÐU

- Hvers vegna er öndunarþrýstingur ekki mældur á sama hátt og blóðþrýstingur, það er í einingunni mm Hg?



Í BRENNIDEPLI

Þrýstingur og hjálpartæki

Betur hannaðir skór, betri gervifætur eða þægilegri hjólastólar - menn þróa sífellt ný og betri hjálpartæki. Mikilvægt er að hjálpartæki séu þannig gerð að þau valdi ekki skaða eða óþægindum fyrir þá sem nota þau. Menn nota þess vegna tæki til að mæla þrýstinginn (álagið) á húðina svo að hún skaðist ekki vegna of mikils þrýstings. Sum þessara tækja eru kvörðuð í mælieiningu sem nefnist PSI í stað grunneiningarinnar paskals (Pa).

TIL UMRÆÐU

- Gúglaðu til að athuga hvað þrýstingseiningin „PSI“ stendur fyrir.

Við beitum þrýstingi þegar við þissum

Þvagblaðran þrýstir þvagini úr blöðrunni með ákveðnum þrýstingi. Þeir sem eru heilbrigðir og rembast af öllum mætti geta skapað þrýsting sem nemur 10–15 kílópaskölum (kPa). Læknar, sem fást við kvilla í þvagfærum og mæla þrýstinginn þar, nota hins vegar eininguna sentimetrar vatns.

TIL UMRÆÐU

1. Hvers vegna heldur þú að menn noti svo margar mismunandi einingar til að mæla þrýsting í líkamanum?
2. Hvaða vandamál heldur þú að það geti skapað fyrir lækna og sjúklinga að svo margar ólíkar einingar eru í gangi?
3. Hvernig finnst þér að menn ættu að leysa vandann?



SAMANTÉKT

2.1

Prýstingur á föst efni

- Hlutur, sem stendur á tilteknum fleti, verkar á hann með ákveðnum *krafti*. Krafturinn er jafn þyngd hlutarins.
- Prýstingur er mælikvarði á þann kraft sem verkar til dæmis á fersentimetra (cm²). Grunneiningin fyrir kraft er *paskal* (Pa). 1 Pa = 1 N/m².

$$\text{prýstingur} = \frac{\text{kraftur}}{\text{flatarmál}} \quad p = \frac{F}{A}$$

- Ef kraftinum er jafnað niður á lítinn flöt verður prýstingurinn mikill. Dæmi um slík tilvik eru þegar egg á hnífi eða exi eða oddur á nagla eða nál kemur við sögu.
- Ef kraftinum er jafnað á stóran flöt verður prýstingurinn lítill. Það á til dæmis við um snjóbrúgur og skíði.



Stór flötur = lítill prýstingur
Lítill flötur = mikill prýstingur

2.2

Prýstingur í vökva

- Prýstingurinn í vökva verður meiri eftir því sem neðar kemur í vökvanum.
- Prýstingur á tilteknum stað í vökva er sá sami í allar áttir.
- Prýstingur í vökva verður meiri eftir því sem eðlismassi vökvans er meiri.
- Okkur finnst steinn vera léttari ef við höldum á honum í vatni en ef við höldum á honum í lofti. Það stafar af því að *lyftikraftur* frá vatninu verkar á steininn.
- Þegar hlutur flýtur á vatni er lyftikrafturinn jafn þyngd hlutarins eða meiri.
- Samgangsker* eru samtengd ílát með vökva þar sem vökvaborðið verður jafnhátt í báðum eða öllum ílátunum.



Í baði verkar lyftikraftur á okkur.



Vatnsgeymir á hæð eða uppi í fjalli skapar prýsting í vatnslögnum húsa.

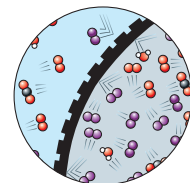
2.3

Prýstingur í lofttegundum

- Jörðin er umlukin lagi úr lofti, *lofthjúpunum*. Þyngd loftsins skapar *loftþrýsting*.
- Loftþrýstingur er mældur með loftvog og gefinn upp í *hektópaskólum* (hPa). *Staðalloftþrýstingur* við sjávarmál er 1013 hPa.
- Loftþrýstingur minnkar eftir því sem við erum hærra yfir sjávarmáli. Prýstingurinn lækkar um 1 hPa fyrir hverja 8 metra sem farið er upp á við.
- Prýstingur í lofttegund ræðst af því hversu hratt sameindir hennar hreyfast.
- Þegar hitastig lofttegundar hækkar verður hreyfing sameindanna hraðari og prýstingurinn vex.
- Ef prýstingur verður hærri en eðlilegur loftþrýstingur tölum við um *yfirþrýsting*. Ef prýstingurinn er lægri en staðalþrýstingur nefnist það *undirþrýstingur*.



Munur á þrýstingi ofan og neðan við vængina heldur flugvélum á lofti.



Yfirþrýstingur í dekki.

LOKAHDYKKURINN

1

Tengdu hugtökin til vinstri við lýsingarnar til hægri.

- | | |
|-------------------|---|
| 1 Paskal | A Ekkert loft |
| 2 Eðlismassi | B Lægri þrýstingur en staðalþrýstingurinn |
| 3 Lyftikraftur | C Lag úr lofti umhverfis jörðina |
| 4 Undirþrýstingur | D Mælieining fyrir þrýsting |
| 5 Lofttæmi | E Stafar af þyngdarkrafti jarðar |
| 6 Loftvog | F Mælist í einingunni g/cm^3 |
| 7 Lofthjúpur | G Verkar á okkur í vatni |
| 8 Þyngd | H Mælir loftþrýsting |

2

Hvernig stendur á því að stórt stálskip getur flotið á vatni en lítill títuþrjónn úr stáli ekki?
Hver eða hverjir eru með rétta svarið?

Títuþrjónninn er svo oddhvas og þess vegna verður lyftikrafturinn ekki nægur til að halda þrjóninum á floti.

A



Eðlismassi títuþrjónsins er meiri en eðlismassi skipsins alls.

B



Botnflötur skipsins er stærri en hjá títuþrjóninum og af þeim sökum verður þrýstingurinn minni. Þess vegna flýtur skipið.

C



Á skipið verkar lyftikraftur sem er jafn þyngd skipsins.

D



3

Steinn liggur á yfirborði jarðar. Jafnstór steinn liggur á yfirborði tunglsins. Hvor steinninn verkar á yfirborðið með meiri þrýstingi? Útskýrðu svarið.

4

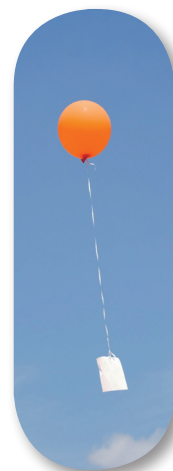
Hver eftirfarandi fullyrðinga er eðlisfræðileg lýsing á þrýstingi?

- A: Ég finn fyrir þrýstingi í brjósthölinu í dag.
 B: Hagsmunaaðilar beittu þrýstingi til að ná sínu fram.
 C: Þrýstingurinn á hnakkinn stafar af þyngd þinni.
 D: Hóppþrýstingurinn réð því að ég byrjaði að reykja.

5

„Ég er hræddur við sprautur, því að sprautunálar eru svo oddhassar“, sagði Ísak. Hvað viltu segja um þessa fullyrðingu út frá eðlisfræðilegu sjónarhorni?

- 6 Nokkrir nemendur eiga að leysa það verkefni að finna út hvor af tveimur timburkubbum verki með meiri þrýstingi á borð þegar báðir kubbarir standa á þeirri hlið sem hefur minnsta flatarmálið.
- a) Hver eftirfarandi tilrauna heldur þú að gefi bestu niðurstöðuna?
- A Stína finnur út þyngdina á báðum kubbum. Hún telur að þyngri kubburinn skapi meiri þrýsting á borðið.
 - B Elli reiknar út flatarmál botnsins á báðum kubbum. Hann heldur að kubburinn, sem hefur minni botnflöt, skapi meiri þrýsting á borðið.
 - C Jóhann finnur út bæði þyngd og botnflöt beggja kubbanna. Síðan deilir hann þyngdinni í flatarmálið. Hann heldur að sá kubbur, sem gefur stærra hlutfall, skapi meiri þrýsting á borðið.
 - D María reiknar út eðlismassa beggja kubbanna. Og vegna þess að eðlismassinn er sá sami hjá báðum telur hún að kubbarir skapi jafnmikinn þrýsting á borðið.
- b) Hvaða villur voru gerðar í þessum tilraunum?
- 7 a) Blaðra er blásin upp til hálf. Henni er komið fyrir í íláti, sem er síðan lokað, og úr því er dælt öllu lofti. Útskýrðu það sem gerist og hvaða breytingum blaðran tekur og af hverju.
- b) Blaðra er blásin upp alveg þar til hún er að því komin að springa. Þá er henni komið fyrir í frysti. Útskýrðu þær breytingar sem verða á blöðrunni þegar hún kólnar og af hverju þær verða.
- 8 Tilraunaglas er fyllt af vatni. Við snúum glasinu á hvolf, höldum fingri fyrir opið og stingum endanum ofan í bikarglas. Vatnið rennur þá ekki úr tilraunaglasinu.
- a) Útskýrðu af hverju vatnið helst kyrrt í tilraunaglasinu.
- b) Hvaða vísindalega mælitæki byggist á sama lögmáli og því sem þessi tilraun sýnir?
- 9 Dag nokkurn er loftþrýstingurinn í Stykkishólmi 975 hPa. Hversu hár er loftþrýstingurinn á sama tíma á hæsta tind Ljósufjalla sem er um það bil í 1000 m meiri hæð yfir sjávarmáli en Stykkishólmsbær?
- 10 Blaðra er fyllt með helíngasi og síðan sleppt. Blaðran stígur upp í loftið.
- a) Hvernig breytist massi blöðrunnar þegar hún stígur upp?
 - b) Breytist stærð blöðrunnar þegar hún stígur hærra?
 - c) Breytist þrýstingurinn í blöðrunni þegar hún stígur hærra?
- Færðu rök fyrir svörum.
- 11 Ímyndaðu þér að þú sért á ströndinni á hlýjum sumardeg og hafir blásið upp vindsæng. Þegar þú kemur aftur á ströndina snemma næsta morgun er vindsængin linari. Hver er skýringin? Gengið er út frá því að ekkert hafi lekið úr vindsænginni um nóttina.
- 12 Steinn hangir í kraftmæli sem sýnir 0,45 N. Þegar steinninn er látinn sökkva á kaf í vatn sýnir kraftmælirinn ekki nema 0,30 N. Reiknaðu eðlismassa steinsins.





Það er rafstraumur sem veldur því að þú sérst. En veist þú hvað rafstraumur er?

3

RAFMAGN OG SEGULMAGN

Twö náskyld fyrirbæri

Þegar menn áttuðu sig á venslunum milli rafmagns og segulmagns gerðu þeir eina mikilvægustu uppgötvun allra tíma. Menn uppgötvuðu þetta merkilega samband á 19. öld og fljótlega upp úr því varð til algerlega nýr iðnaður. Þessi uppgötvun og þær sem á eftir fylgdu hafa gjörbreytt lífnaðarháttum okkar.



Seglar eru bæði misstórir og misjafnlega sterkir. Við getum búið til segul ef við höfum stuttan rafmagnsvír, járnút og rafhlöðu. Veist þú hvernig á að fara að því?



Við framleiðum rafstraum í vatnsaflsvirkjun með rafli sem er snúið með straumvatni. Hvernig hefur rafmagnnið breytt lífnaðarháttum okkar?

Í ÞESSUM KAFLA LÆRIR ÞÚ

- um muninn á spennu, straumi og viðnámi
- um venslin milli spennu, straums og viðnáms í straumrásum og hagnýtingu þeirra í daglegu lífi okkar
- um leiðara og einangrara og hvernig leiðarar gætu litið út í framtíðinni
- hvernig segulmagnnið var uppgötvað og hvernig ný þekking hefur fært okkur nýjar tæknilausnir
- um muninn á venjulegum segli og rafsegli
- hvernig venslin milli rafmagns og segulmagns voru uppgötvuð og hvernig þau eru nú hagnýtt í hversdagslegum rafmagnstækjum, til dæmis í handþeyturum og spennubreytum
- hvernig nota má rafsegla til að láta rafmótor snúast og til að láta rafal framleiða raforku
- að skilja og ræða um ýmis atriði sem tengjast heilbrigði og geislun, til dæmis geislun frá háspennulínunum og farsímum
- hvernig þekkingin á venslum rafmagns og segulmagns hefur gjörbylt þróun tækninnar og um leið gjörbreytt lífnaðarháttum okkar
- um nýja tækni sem gæti gjörbreytt dreifingu rafmagns í heiminum

EFNI KAFLANS

3.1 Spenna, straumur og viðnám

3.2 Segulmagn

3.3 Rafseglar

Í BRENNIDEPLI Getur rafmagn valdið sjúkdómum?

3.4 Rafmótorar og raflar

3.5 Spennubreytar – hvernig vinna þeir?

3.1

Spenna, straumur og viðnám

Í byrjun 19. aldar var engan veginn augljóst að lýsa mætti venslunum milli spennu, straums og viðnáms með einfaldri jöfnu, $U = R \cdot I$. Þessi vensl uppgötvaði Georg Ohm, þýskur eðlisfræðingur og menntaskólakennari, sem var bæði þrjóskur og nákvæmur. Þegar hann setti þau fram árið 1827 efuðust samstarfsmenn hans um réttmæti þeirra. Í stað þess að honum væri hampað sem hetju varð hann að láta af störfum við skólann. Það var ekki fyrr en 14 árum síðar sem menn viðurkenndu að venslin væru mikilvæg og Georg Ohm ætti heiður skilið fyrir uppgötvun sína.



Okkur þykir það sjálfsagður hlutur að rafspenna sé í innstungum okkar og rafstraumur fari eftir leiðslunni um leið og við setjum í samband. En um leið og spennan frá rafveitunni hverfur hættir straumurinn líka.

Hver er munurinn á spennu og straumi?

- Er rafmagnslaust í húsinu? Við verðum að hafa rafmagn fyrir tölvurnar!
- Nei, eldingu sló niður í raflínu og rafmagnið fór af!

Við tölum yfirleitt um rafmagn í daglegu tali, frekar en að tala um straum eða spennu. Hugtökin straumur og spennu eru þó bæði mikilvæg, hvort á sinn hátt.

Þegar rafhleðsla situr á tveimur skautum myndast oft *rafspenna* milli þeirra. Ef skautin eru til dæmis tengd saman með rafleiðslu fer *rafstraumur* milli þeirra. Það er spennan sem knýr strauminn áfram svipað og þrýstingsmunur knýr straum í vatnsleiðslu. Straumurinn leitast við að jafna út spennunum milli skautanna, hann hverfur og straumurinn stöðvast. Án spennu er enginn straumur, rétt eins og ekkert rennsli verður í vatnsleiðslu ef þar er enginn þrýstingsmunur.

Rafstraumurinn fer frá stað þar sem spennan er hærri til þess staðar þar sem hún er lægri, alveg eins og vatn í pípu leitar frá stað með hærri þrýstingi. Rafeindirnar, sem bera strauminn, fara hins vegar í gagnstæða stefnu við strauminn.

Viðnám - mótstaða gegn rafstraumi

Í öllum rafmagnstækjum er mótstaða gegn rafstraumi, rétt eins og vatnsleiðslur veita viðnám gegn vatnsstraumi. Í sumum tækjum er *viðnámið* mikið, í öðrum er það minna. Ef við minnkum mótstöðuna í rafmagnsofni að öðru óbreyttu, þá eykst straumurinn og ofninn hitar meira. Við segjum þá að viðnám ofnsins sé lítið.

Viðnámið í *rafleiðara* ræðst af fjórum þáttum: *gildleika*, *lengd*, *efni leiðarans* og *hitastigi*. Grannur vír hefur meira viðnám en gildur og langur vír hefur meira viðnám en stuttur vír. Sum efni leiða rafmagn betur en önnur. Silfur, ál og kopar eru dæmi um góða leiðara. Vírar úr áli eða kopar hafa þess vegna lítið viðnám. Hitastigið hefur líka áhrif á viðnámið. Því herra sem hitastigið er þeim mun meira verður viðnámið.



Viðnám hárburrkunnar er mjög lítið. Þess vegna fer sterkur straumur gegnum hana.

Kopar er algengasti leiðarinn

Menn hafa þekkt koparmálminn um langan aldur. Þessi rauðleiti málmur hefur verið notaður í skartgrip, rör, hjálma, sverð og mynt. Í byrjun 19. aldar hefði enginn getað sagt fyrir um að straumrásir yrðu svo mikilvægar sem raun ber vitni, né heldur að kopar yrði mikilvægasti leiðarinn. Í fyrstu tilraunum með rafmagn notuðu menn silfurleiðara. En þegar snjöllum tæknimönnum tókst að framleiða granna víra úr kopar áttuðu menn sig á notagildi hans, einkum vegna þess að kopar er algengur málmur í mörgum löndum og miklu ódýrari en silfur.



Kopar er verðmætt jarðefni og mikið notaður í rafíðnaði. Mestu koparnámur heims eru í Síle, meðal þeirra er Chuquibambilla, næststærsta opna koparnáma í heimi. Um þriðjungur alls kopars er nú framleiddur í Síle.

Spenna (V)	Straumur (A)	<u>Spenna</u> <u>Straumur</u>
0,5	0,1	5,0
1,0	0,2	5,0
1,5	0,3	5,0
2,0	0,4	5,0

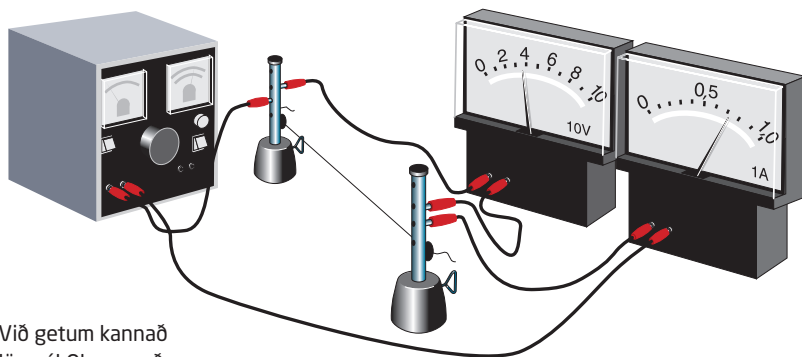
Lögmál Ohms útskýrir vensl

Eru vensl milli *spennu*, *straums* og *viðnáms*? Þetta var spurning sem Þjóðverjinn *Georg Simon Ohm* lagði fyrir sjálfan sig snemma á 19. öld.

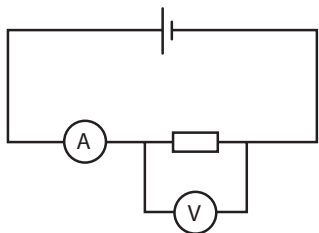
Við getum fylgt þankagangi Ohms með því að gera einfalda tilraun. Við tengjum vír við spennugjafa. Til að geta mælt strauminn í vírnum setjum við ampermæli í straumrásina. Við mælum spennuna með voltmæli. Myndin hér fyrir neðan sýnir hvernig þessu er komið fyrir og tengimyndin lýsir þessu á einfaldan hátt. Við gerum fjórar tilraunir og hækkum spennuna um 0,5 V milli tilrauna. Í hverri tilraun lesum við strauminn af mælinum og færum tölugildin inn í töflu. Síðan deilum við straumnum upp í spennuna og færum inn niðurstöðurnar (sjá töfluna).

Niðurstöðurnar leiða í ljós að straumurinn vex í vírnum þegar spennan hækkar. Kvótinn (hlutfallið) milli spennu og straums er alltaf 5,0. Kvótinn er mælikvarði á viðnámið í vírnum sem er mælt í *ómum*. Í þessu tilviki er viðnám vírsins 5,0 óm. Ef annar vír hefði verið notaður hefði kvótinn ef til vill verið 6,5. Viðnámið í þeim vír hefði þá verið 6,5 óm.

Þessi vensl uppgötvaði Georg Ohm þegar hann gerði tilraunir sínar. Venslin nefnast því *lögmál Ohms*.



Við getum kannað lögmál Ohms með þessari straumrás.



Georg Simon Ohm uppgötvaði venslin milli spennu, straums og viðnáms.

Útreikningar með lögmáli Ohms

Georg Simon Ohm var kennari að atvinnu og í fyrstu vakti uppgötvun hans litla athygli í vísindaheiminum. Hann varð ekki þekktur fyrr en Konunglega vísindafélagið í London hafði heiðrað hann fyrir framlag sitt. Hann varð síðan prófessor við háskólann í München í Þýskalandi.

Við getum notað lögmál Ohms til að reikna út straum, viðnám eða spennu ef við þekkjum hinar stærðirnar tvær.

LÖGMÁL OHMS

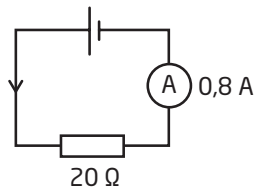
$$\text{viðnám} = \frac{\text{spenna}}{\text{straumur}} \quad R = \frac{U}{I}$$

$$\text{straumur} = \frac{\text{spenna}}{\text{viðnám}} \quad I = \frac{U}{R}$$

$$\text{spenna} = \text{viðnám} \cdot \text{straumur} \quad U = R \cdot I$$

DÆMI 1

Hversu há er spennan yfir viðnámið á myndinni?



Samkvæmt lögmáli Ohms er

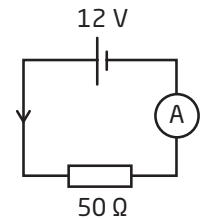
$$\text{spenna} = \text{viðnám} \cdot \text{straumur}$$

Þá verður spennan $20 \cdot 0,8 \text{ V} = 16 \text{ V}$.

SVAR: Spennan er 16 V.

DÆMI 2

Hversu sterkur straumur fer gegnum viðnámið á myndinni?



Samkvæmt lögmáli Ohms er

$$\text{straumur} = \frac{\text{spenna}}{\text{viðnám}}$$

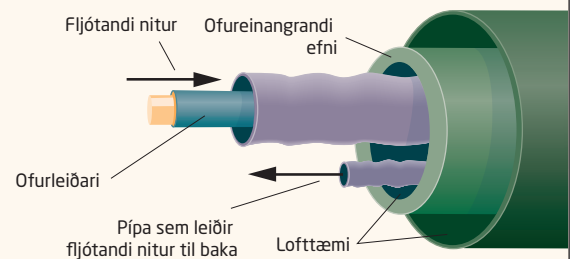
Þá verður straumurinn $\frac{12}{50} \text{ A} = 0,24 \text{ A}$.

SVAR: Straumurinn er 0,24 A.

RANNSÓKNIR

OFURLEIÐNI ER MERKILEGT FYRIRBÆRI

Þegar tilteknir leiðarar, sem hafa verið búnir til á sérstakan hátt, eru kældir mjög mikið, í mörgum tilvikum niður í –130 til –140 °C, gerast óvæntir og spennandi hlutir. Allt viðnám hverfur. Sagt er að leiðarinn verði ofurleiðandi. Mikil orka sparast þegar straumur er leiddur eftir kældum leiðurum sem hafa ekkert viðnám, svokölluðum ofurleiðurum. Á myndinni sjáum við inn í ofurleiðandi rafmagnskapal. Fljótandi nitur kælir leiðarann innst í kaplinum og er síðan flutt til baka með sérstakri pípu.

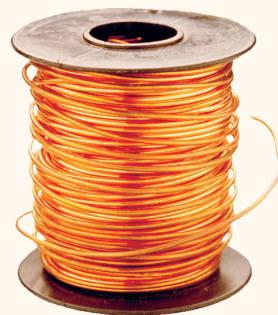


ITAREFNI

VIÐNÁM NOKKURRA EFNA

Eðlisfræðingar hafa innleitt hugtakið eðlisviðnám til þess að bera saman getu mismunandi efna til þess að leiða straum. Við finnum eðlisviðnám tiltekins efnis með því að mæla viðnámið í vír úr þessu efni. Vírinn á að vera einn metri á lengd og þverskurðarflatarmálið 1 mm^2 . Á blaðsíðu 108 er tafla með upplýsingum um eðlisviðnám mismunandi efna. Hér til hægri eru fáein dæmi tilgreind.

Efni	Viðnám staðalvírs í ómum
silfur	0,016
kopar	0,017
járn	0,105
ál	0,028

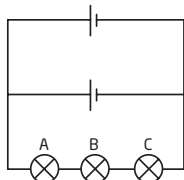


SIJÁLFSPRÓF ÚR 3.1

ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

• spenna • straumur • viðnám • volt • amper • óm • lögmál Ohms

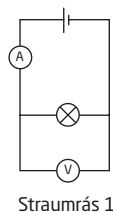
1. Nefndu fjóra þætti sem hafa áhrif á viðnám í rafleiðara.
2. Hversu mikið er viðnámið ef spennan er 24 V og straumurinn 2 A?
3. Hvaða málmur er mest notaður í rafleiðara?
4. Í hvaða átt er sagt að
 - a) straumur fari í straumrás?
 - b) rafeindir fari í straumrás?
5. Skoðaðu myndina.
 - a) Hvernig eru rafhlöðurnar tengdar?
 - b) Hvernig eru perurnar tengdar?
 - c) Hvaða pera er björtust, ef allar eru sömu gerðar?
 - d) Pera A er skrúfuð úr sambandi. Lýsa perur B og C eða ekki?



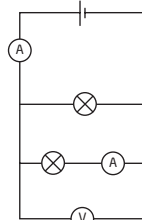
6. Notaðu lögmál Ohms til að reikna þau gildi sem vantar í töfluna hér á eftir.

	SPENNA	STRAUMUR	VIÐNÁM
a)	10 V	0,2 A	-?-
b)	-?-	0,5 A	10 óm
c)	24 V	-?-	30 óm
d)	3 V	60 mA	-?-

7. Eiríkur raðtengdi tvær 1,5 V rafhlöður og peru. Hann mælir strauminn í rásinni sem er 0,3 A og reiknar út að viðnám perunnar er 5 óm. Er þetta rétt reiknað hjá Eiríki?
8. Í straumrás 1 hér fyrir neðan sýnir ampermælirinn 0,03 A og voltmælirinn 3,6 V.
 - a) Hversu mikið er viðnám perunnar?
 - b) Í straumrás 2 hefur annarri eins peru og ampermæli verið bætt við í rásina. Hvað sýna mælitækin þrjú núna?
Vísbending: Straumurinn gegnum voltmæli er svo lítil að ekki þarf að taka tillit til hans.



Straumrás 1



Straumrás 2

9. Í svefnherbergi í húsi einu eru náttlampi og loftljós tengd á eftirfarandi hátt:
 - Þegar loftljósið er slökkt er hægt að kveikja og slökkva á náttlampanum.
 - Þegar loftljósið er kveikt er ekki hægt að kveikja á náttlampanum.
 - Teiknaðu tengimynd sem sýnir straumrásina.
10. Hvað er ofurleiðari og til hvers má nota hann?
11. Hvað er eðlisviðnám?

3.2

Segulmagn

Um allan heim reisa menn sífelld fleiri vindmyllur. Þetta er eðlileg þróun og æskileg því að orka vindsins gengur aldrei til þurrðar en það á ekki við um ýmsa aðra orkugjafa, til dæmis kol, olíu, jarðgas eða eldsneyti í kjarnorkuveri. Nýjustu gerðir vindmylla framleiða meiri raforku en eldri gerðir, meðal annars vegna ofursterkra segla sem notaðir eru til að framleiða rafmagnið. Við framleiðslu þessara ofursegla er notaður fágætur málmur sem heitir neódýmín.

Segulmagnað berg

Um þúsundir ára hafa steinar sem draga til sín hluti úr járni vakið hrifningu og undrun manna. Menn voru farnir að vinna málmgryti, sem innihélt steina með þessum eiginleika, þegar fyrir daga Krists. Þessi vinnsla fór meðal annars fram í námum í Magnesíu, sem er hérað í Grikklandi. Þess vegna voru þessir steinar sagðir „magnetískir“ á erlendum málum en við segjum að þeir séu *segulmagnaðir*. Seguljárnsteinn, sem er mikilvægt hráefni í járnvinnslu, er náttúrulega segulmagnaður. Annað heiti á honum er magnetít. Seguljárnsteinn finnst víða í Skandinavíu, til dæmis í Kiruna í Svíþjóð, og er unninn þar í stórum stíl.

Sjófarendur fyrri tíma höfðu uppgötvað að aflangur, segulmagnaður steinn leitar í stefnuna norður–suður ef hann getur snúist frjálst. Svona steinn nefnist einnig leiðarsteinn á íslensku. Evrópumenn lærðu af Kínverjum að nota hann á 13. öld. Það var þó ekki fyrr en á 16. öld sem menn fengu nánari skilning á þessu merkilega náttúrufyrirbæri.



Vindurinn er orkugjafi sem gengur aldrei til þurrðar. Þekking á segulmagni er mikilvæg fyrir þá sem þróa og smíða vindmyllur.

Seguljárnsteinn (magnetít) er dæmi um steintegund sem er segulmögnuð frá náttúrunnar hendi. Seguljárnsteinninn er oft svartur og gljáandi.

RANNSÖKNIR

ÓVÆNT UPPGÖTVUN

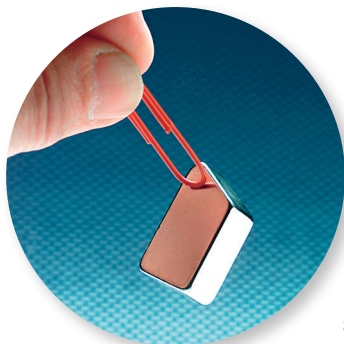
Segulmagn er eiginleiki sem við sjáum bara í málum. Því höfum við að minnsta kosti trúað hingað til en nú hafa margir eðlisfræðingar víðs vegar um heiminn uppgötvað að hreint kolefni getur verið segulmagnað. Getur venjulegt blý (sem er kolefni) í blýanti verið segulmagnað? Já, því halda menn fram en uppgötvunin varð svo umdeild að hún skipti eðlisfræðingum í tvær fylkingar. Eftir tíu ára deilur og rannsóknir hefur nú verið sýnt fram á að

við tilteknað aðstæður getur kolefni orðið segulmagnað við herbergishita.

En til hvers þurfum við segulmagnað kolefni? Vísindamenn telja að það geti nýst í lyfjafræði og líftækni og til hraðrar gagnavistunar í nýjum tegundum tölva. Hugsanlegt er að þessi uppgötvun muni í framtíðinni leiða til algerlega nýrrar greinar í rafeindatækni sem byggist á kolefni.



Seglar úr neódymíni eru umtalsvert öflugri en venjulegir seglar. Þeir eru meðal annars notaðir í rafila í vindmyllum til að skila enn meiri raforku en áður var hægt.



Seglar eru til margra hluta nytsamlegir

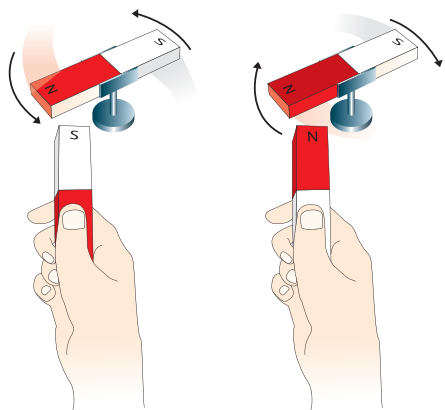
Nú eru *seglar* notaðir í margs konar tækjum og búnaði. Þeir eru meðal annars í segullásum, sem halda skáphurðum lokuðum, og í áttavitum.

Allir seglar hafa mismunandi skaut, *norðurskaut* og *suðurskaut*. Heitin eru dregin af því að segull leitast alltaf við að snúa norðurskautinu í norður og suðurskautinu í suður. Ef við komum segulnál þannig fyrir að hún geti snúist þá leitar hún sjálfkrafa í stefnu norður–suður. Segulnálin og umgjörð hennar eru einfaldur áttaviti.

Áttavitar, sem notaðir eru í bátum og skipum eða í fjallgöngum, verka á sama hátt. Þeir eru bara svolítið flóknari að gerð. Segulnálin er þá oft í hylki sem er fyllt vökva. Vökvinn veldur því að nálin flóktir miklu síður og verður stöðugri.

Seglar verka hver á annan

Seglar dragast annaðhvort hvor að öðrum eða þeir hrinda hvor öðrum frá sér. Það ræðst af því hvernig þeir snúa. Ósamstæð skaut (norðurskaut og suðurskaut) *dragast* hvort að öðru en samstæð skaut (norðurskaut og norðurskaut eða suðurskaut og suðurskaut) *brinda* hvort öðru frá sér.



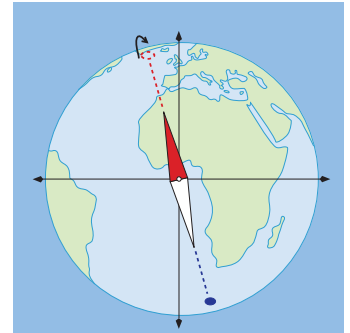
Segull getur látið annan segul hreyfast. Ósamstæð skaut dragast hvort að öðru en samstæð skaut ýta hvort öðru frá sér.

Jörðin er segull

Hvernig skyldi standa á því að áttavitanál stöðvast með stefnu í norður-suður? Skýringin er sú að jörðin sjálf er risavaxinn segull. Menn hafa þekkt segulmagnið frá örófi alda en það var ekki fyrr en seint á 16. öld sem menn áttuðu sig á því að jörðin bjó yfir segulmögnum eiginleikum.

Þar eð ósamstæð segulskaut dragast hvort að öðru hlýtur það að vera suðursegulskaut jarðarinnar sem er í grennd við landfræðilega norðurskautið. Suðursegulskaut jarðar dregur sem sagt til sín norðurskaut áttavitanálar. Og þá hlýtur líka norðursegulskaut jarðar að vera í grennd við suðurlíninn.

Suðursegulskaut jarðar er, svo merkilegt sem það kann að vera, ekki nákvæmlega við norðurlíninn heldur er það talsvert frá honum og auk þess á umtalsverðri og stöðugri hreyfingu. Þess vegna bendir áttavitanálin ekki í hánorður heldur á suðursegulskaut jarðar sem er núna á Ellersmere-eyju í norður Kanada. Hornið milli hánorðurs og þeirrar stefnu, sem áttavitanálin sýnir, nefnist *misvísun* eða *segulskekkja* og fer eftir því hvar við erum stödd á jörðinni en hún breytist auk þess með tímanum.



Suðursegulskaut jarðar er núna í talsverðri fjarlægð frá norðurlínunum. Áttavitanálin bendir því ekki nákvæmlega í hánorður þar sem norðurlíninn er.

Ný staðsetningartækni

Áður fyrr var mikilvægt að sjófarendur tækju tillit til misvísunar við siglingu á úthöfunum. Ef það var ekki gert var hætt á að menn villtust verulega af leið. Nú hafa menn ný og stafræn kort og nákvæm tæki til að ákvarða stað og stefnu og því hafa hugtök á borð við kompásstefnu og misvísun ekki lengur sömu þýðingu og áður. Stafrænu kortin byggjast á því að skipin eru í sambandi við gervihnetti. Skip og flugvélar geta nú ákvarðað stað sinn svo að ekki skeikar meiru en um það bil 1,5 metrum. Skip- og flugstjórnarmenn geta séð nákvæmlega á stafrænum kortum hvar þeir eru staddir og síðan einnig ákveðið stefnuna með mikilli nákvæmni. Þetta er mikið framfaraskref og dregur úr hættunni á slysum.

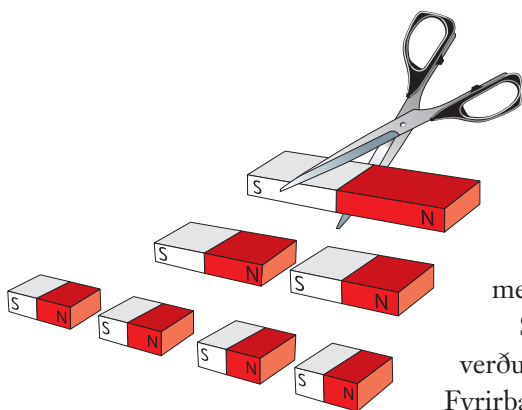
RANNSÖKNIR

MÁLNING HREINSUÐ MED SEGULMÖGNUM NANÓÖGNUM

Nú eru forn listaverk hreinsuð með nýrri tækni þar sem örsmáar, segulmagnaðar agnir eru notaðar. Í Svíþjóð hafa menn hreinsað Vasaskipið og gamla kirkju með þessari aðferð. Agnirnar eru í nokkurs konar kremi sem er borið varlega á málningu, til dæmis á

listaverki. Óhreinnindin festast í kreminu og með hjálp segla er hægt að fjarlægja kremið án þess að sjálfir litirnir í málverkinu breytist. Það er óneitanlega snjallt að nota segulmagn til þess að hreinsa listaverk án þess að skaða þau.





Ef segli er skipt í tvo hluta verða til tveir nýir seglar sem hvor um sig hefur sitt eigið norður- og suðurskaut.

Seglar hafa sérstaka eiginleika

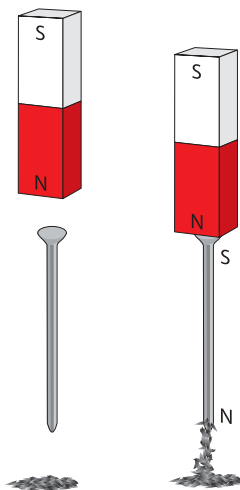
Ef við sögum segul sundur í tvo hluta fáum við ekki einn hluta sem er suðurskaut og annan sem er norðurskaut. Þess í stað verða til tveir nýir seglar og hvor um sig hefur bæði norður- og suðurskaut. Engu skiptir hversu oft við skiptum seglunum í tvennt. Niðurstaðan verður í öllum tilvikum nýir og minni seglar með báðum skautum.

Segja má að segulmagn sé smitandi. Venjulegur nagli úr járni verður til dæmis segulmagnaður ef hann kemst í námunda við segul. Fyrirbærið kallast *segulhrif*. Ef við færum segulinn frá naglanum hverfa segulhrifin og naglinn hættir að vera segulmagnaður. Ef segullinn er mjög sterkur geta segulhrifin varað svolítinn tíma eftir að segullinn hefur verið fjarlægður. Þetta fer einnig eftir því hvers konar járn er í naglanum.

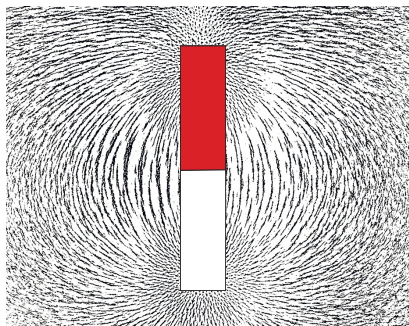
Segulsvið

Tveir seglar verka hvor á annan með ákveðnum krafti, jafnvel þótt talsvert langt sé milli þeirra. Skýringin er sú að umhverfis hvern segul er svokallað *segulsvið*. Það er þess eðlis að við sjáum það hvorki né getum snert það. Við getum ímyndað okkur að segulsvið sé nokkurs konar ósýnileg þoka kringum segulinn.

Við getum búið til mynd af segulsviði með því að nota járnsvarf. Ef við setjum pappaspjald fyrir ofan segul og stráum síðan járnsvarfi á spjaldið raðast svarfið upp í mynstur. Til verða línur sem liggja frá öðru skautinu að hinu. Þessar línur nefnast *segullínur*. Sagt er að línur segulsviðsins liggja frá norðurskautinu til suðurskautsins. Ef áttavítanál er stillt upp á segullínu stöðvast nálin þannig að hún verður samsíða línunni.



Segull getur breytt öðrum hlut úr járni í segul, segulmagnað hann. Þetta getur ýmist verið varanlegt eða tímabundið og kallast segulhrif.



Umhverfis segul er ósýnilegt svið. Ef við dreifum járnsvarfi kringum segul getum við séð þetta segulsvið sem línur er liggja milli norður- og suðurskautsins.



Norðurljós

*Norðurljós*in eru þekkt fyrirbæri sem sjást fyrst og fremst norðarlega á hnettinum, til dæmis hér á Íslandi. Þeim ferðamönnum fer sífellt fjölgandi sem leggja leið sína hingað að vetrarlagi til að dást að bragandi norðurljósum. Þetta litríka og lifandi fyrirbæri á næturhimninum stafar af því að jörðin er segull. Litirnir koma fram við það að rafhlaðnar agnir, sem sólin þeytir frá sér, koma inn í segulsvið jarðar, fylgja segullínunum og fara inn í lofthjúpinn í tiltekinni fjarlægð frá segulskautunum. Þar verða sameindir og frumeindir í lofthjúpunum fyrir ögnunum frá sólinni og verða þá lýsandi. Þetta fyrirbæri nefnist *norðurljós* á norðurhveli og *suðurljós* á suðurhveli en einu nafni má kalla þau *segulljós* eða *heimskaotaljós*.

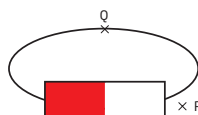
Norðurljós – leiftrandi litadýrð á næturhimni norðursins.

SIÁLFSPRÓF ÚR 3.2

ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

- segulmagn • norðurskaut og suðurskaut • áttaviti • misvísun (segulskekkja)
- segulhrif • segulsvið • segullína • norðurljós og suðurljós

1. Nefndu nokkur dæmi um það hvernig við notum segla.
2. Hvar er suðursegulskaut jarðar?
3. a) Hvað köllum við línuna sem sést á myndinni til hægri?
b) Ímyndum okkur að við setjum segulnálar við punktana P og Q. Hvernig snúa nálarnar þegar þær hafa stöðvast? Teiknaðu segulnálarann sem örvar og örvaroddurinn á að vera norðurskaut nálanna. Athugið að rauði liturinn táknar norðurskaut segulsins.



4. a) Ímyndaðu þér að við sögum norðurskautið af segli. Hvað gerist ef við berum síðan söguðu endana hvorn að öðrum?
b) Af hverju gerist þetta?
5. Útskýrðu af hverju siglingar skipa um heimshöfin eru nú öruggari en áður.
6. Þú stendur á suðursegulskauti jarðar (nálægt norðarpólnum á jörðinni) og heldur á segulnál sem getur snúist frjáls í allar áttir. Hvernig snýr hún þegar hún stöðvast?

Rafseglar



Hans Christian Ørsted uppgötvaði venslin milli segulmagns og rafmagns fyrir tilviljun þegar hann gerði tilraun í fyrirlestri.

Danskir vísindamenn hafa gert margar mikilvægar uppgötvanir í eðlisfræði. Hans Christian Ørsted uppgötvaði að rafmagn og segulmagn væru nátengd fyrirbæri og segja má að hann hafi lagt grunn að rafsegulfræðinni. Uppgötvun hans vakti í fyrstu hatrammar deilur en hann reyndist hafa rétt fyrir sér. Menn gátu nú myndað segulmagn með hjálp rafmagns og öfugt. Það skemmtilega var að uppgötvunin kom til af hendingu vegna tímaskorts.

Mikilvæg uppgötvun

Þegar Daninn *Hans Christian Ørsted* var uppi í byrjun 19. aldar voru miklir umbrotatímar í Evrópu. Franska byltingin var nýlega um garð gengin og iðnþróun var mjög hröð. Menn þekktu náttúrufyrirbærið rafmagn en enginn skildi eðli þess til nokkurrar hlítar.

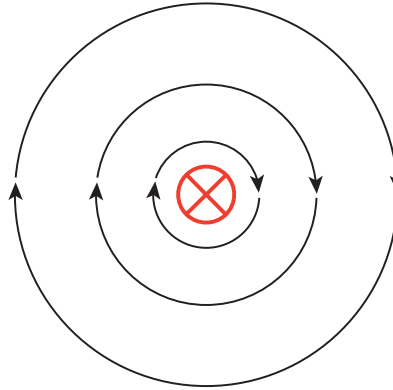
Þegar Ørsted sýndi fram á skyldleika milli segulmagns og rafmagns varð heilmikið uppnám í fræðaheiminum. Uppgötvunina gerði hann í fyrirlestri með nemendum sínum. Hann gerði tilraun með rafhlöðu og vír úr platínúmálm. Hann hafði ekki haft nægan tíma til að undirbúa sig og hafði því ekki gert tilraunina áður. Hann varð því mjög undrandi að sjá áttavitann á borðinu taka skyndilega við sér þegar hann hleypti straumi á platínuvírinn. Ørsted hafði tekist að fá segul til að hreyfast án þess að hreyfa hann með handafla eða með hjálp annars seguls.

RANNSÓKNIR

ÖFLUGASTI RAFSEGULL HEIMS

Öflugasta rafsegul jarðar er að finna í rannsóknarstofu í Bandaríkjunum, nánar tiltekið í Flórída. Segulsviðið, sem hann skapar, er milljónfalt sterkara en segulsvið jarðar. Þrátt fyrir það er þessi öflugasti rafsegull jarðar ekki stærri en sorptunna. Þegar rafmagni er hleypt á rafsegulinn gætir áhrifa segulsviðsins á svæði sem nær einn kílómetra út frá seglinum. Segulsviðið er svo sterkt að menn geta hvorki

tekið ljósmyndir né kvikmyndir innan sviðsins. Myndirnar verða allar aflagaðar! Vísindamenn hvaðanæva að úr heiminum koma til Flórída til að geta notað þetta öfluga segulsvið við rannsóknir sínar. Vísindamenn vinna meðal annars að gerð nýrra segulómtækja sem lækna geta notað til þess að skilja betur eðli ýmissa sjúkdóma, svo sem flogaveiki, heilablóðfalls og parkinsonsveiki.



Segullínurnar kringum beinan leiðara eru hringlaga. Á skýringarmyndinni er sviðið teiknað umhverfis leiðarann og við hugsum okkur að leiðarinn liggji hornrétt á blaðið. Krossinn í leiðaranum táknar að stefna straumsins er niður í gegnum pappírinn.

Pumalfingursreglan sýnir stefnuna

Ørsted uppgötvaði að segulsvið myndast umhverfis rafleiðara. Við getum séð að segulsviðið er hringlaga umhverfis leiðarann í hverjum punkti. Segullínurnar liggja í hring umhverfis leiðarann.

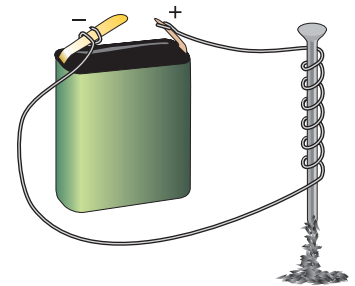
Einföld regla, sem nefnist *pumalfingursreglan*, hjálpar okkur að muna stefnu segullínanna. Hugsaðu þér að þú haldir um leiðarann með hægri hendi og látir þumalfingurinn vísa eins og straumstefnuna. Hinir fingurnir sýna þá stefnu segullínanna.

Þannig verður rafsegull til

Hugsum okkur tvinna sem er vafinn marga vafninga upp á tvinnaðefli. Ef við vefjum langan rafleiðara á svipaðan hátt í marga vafninga fáum við *spólu*. Þegar straumur er sendur gegnum spóluna myndast segulsvið innan í spólunni og umhverfis hana. Þetta er svipað og segulsviðið umhverfis venjulegan stangarsegul.

Þessa þekkingu getum við notað til þess að búa til einfaldan *rafsegul*. Við þurfum ekki annað en rafmagnsvír og rafhlöðu og ef til vill járnnacla. Við vefjum vírnum um naglann og tengjum síðan vírinn við rafhlöðuna. Þegar straumur fer gegnum vírinn verður naglinn segulmagnaður og hann getur meðal annars dregið til sín járnsvarf. Ef við hækkum strauminn í vírnum eða fjölgum vafningunum verður rafsegullinn sterkari. Enginn straumur fer eftir naglanum, eingöngu eftir vírnum. Án naglans hegðar spólan sér líka eins og segull, en slíkur segull verður hins vegar veikari.

Rafsegull hefur þann kost umfram venjulegan segul að við getum breytt styrk hans og stefnu og jafnvel gert hann óvirkan.



Myndin sýnir einfaldan rafsegul. Það er straumurinn í gormlagða leiðaranum sem segulmagnar naglann. Enginn straumur fer hins vegar eftir naglanum sjálfum.



Við getum lyft stórum og þungum járnhlutum með öflugum rafsegli.

Rafseglar finnast víða

Rafseglar eru til margra hluta nýtsamlegir. Við notum þá til að opna og loka dyrum, lyfta hlutum og sleppa þeim, setja vélar í gang og slökkva á þeim og mynda alls kyns titring. Rafseglar eru til bæði örsmáir og risavaxnir. Þeir eiga það þó flestir sameiginlegt að þeir eru innbyggðir í tæki og búnað og því er oft erfitt að sjá hvernig þeir virka. Það var auðveldara áður fyrr. Þá gátum við gengið að dyrabjöllunni og tekið af henni lokið. Gamaldags dyrabjalla er nefnilega mjög heppileg til að sýna hvernig nota má rafsegul. Í slíkri dyrabjöllu er það rafsegull sem hleypir ýmist straumi á eða rýfur straum sem verkar á arm sem hreyfist fram og aftur og slær í bjöllu.

Nú eru rafseglar allt í kring um okkur, einkum í fyrirtækjum sem eru í einhvers konar framleiðslu. Í matvæla- og drykkjaframleiðslu eru rafseglar notaðir til þess að opna krana og loka þeim. Námufyrirtæki nota rafsegla til þess að skilja sundur mismunandi málma. Framleiðendur bíla og annarra farartækja nota rafsegla í þjörkum (róbótum) til þess að lyfta hlutum og færa þá til. Rafseglar eru líka í stærstu og öflugustu krönum sem eru notaðir við fermingu og affermingu skipa og annarra farartækja. Þá eru rafseglar einstaklega hentugir til þess að lyfta þungum stálplötum og brotamálmi.

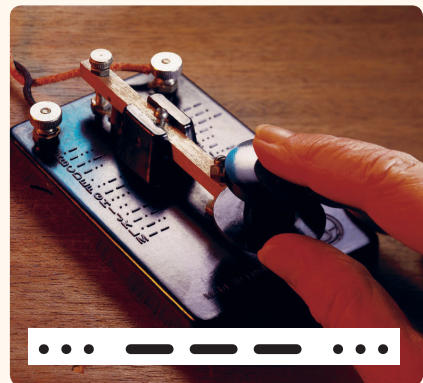
SAGNFRÆÐI

PANNIG VIRKAÐI RITSÍMINN

Á 19. öld fóru menn að nota rafknúna ritsíma sem byggðust á lokaðri straumrás milli sendanda og móttakanda. Þetta gátu menn gert vegna þess að rafsegulmagnið hafði verið uppgötvað. Bandaríkjamaður að nafni *Samuel F.B. Morse* bjó til kerfi fyrir rafknúna símrítun, svokallað *morsstafróf*. Í þessu kerfi voru bókstafir táknadír með punktum og strikum.

Símrítararnir skrifuðu táknin með fjaðrandi straumrofum eins og sjá má á myndinni. Þá mynduðust rafmerki sem send voru með símrítalínunum. Á hinum endanum var tekið á móti boðunum með tæki þar sem rafsegull skrifaði táknin á pappírsræmu. Menn gátu líka hlustað á merkin. Á myndinni sést hið sígilda neyðarmerki, SOS-merkið.

Mikla norræna ritsímafélagið var stofnað í Danmörku árið 1869 til að reka fjarskiptastarfsemi í Evrópu. Íslensk stjórnvöld sömdu við Mikla norræna um að leggja ritsíma til Íslands og um landið og var það verk unnið á árunum 1904–1906. Þessi tæknibylting komst á nokkru fyrr í öðrum löndum og til dæmis höfðu allar heimsálfurnar verið samtengdar þegar árið 1882.





Í Þýskalandi gengur svíflest sem helst á lofti með hjálp rafsegla þannig að hún svífur í 15 cm hæð yfir brautarteininum. Þessi lest getur náð um 500 km hraða á klukkustund.

Svífandi lestir

Í Þýskalandi, Japan, Kína og fleiri löndum eru í notkun járnbrautarlestir sem svífa á einum járnbrautarteini. Tæknin byggist á því að rafseglar halda lestinni svífandi yfir teininum. Þessar lestir, sem kallast svíflestir, ná um 500 km hraða á klukkustund. Lestin, sem ekur til og frá flugvellið í Shanghai í Kína, er til dæmis aðeins sjö og hálfa mínútu að fara til miðborgarinnar, sem er í 30 km fjarlægð.

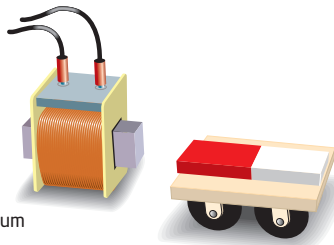
Engin hjól eru á þessum lestum en þess í stað eru stórir rafseglar undir vögnunum. Járnbrautarteinninn er bara einn og á honum eru líka rafseglar sem hrinda frá sér rafseglunum á vögnunum sjálfum. Vagnarnir svífa því yfir teininum.

SJALFSPROF UR 3.3

ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

- spóla • rafsegull • þumalfingursregla • svíflest

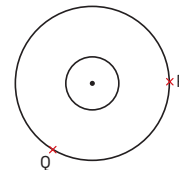
1. Hver er helsti munurinn á venjulegum segli og rafsegli?
2. Nefndu tilvik þar sem rafseglar koma að góðum notum.
3. Lýstu því hvernig þú getur búið til rafsegul með nagla úr járn, rafmagnsvír og rafhlöðu.
4. Segull liggur á vagni. Framan við vagninn er spóla utan um járnkjarna. Þegar straumur er hleypt á spóluna fer vagninn rakleitt út til hægri.
 - a) Útskýrðu af hverju það gerist.
 - b) Hvað mundi breytast ef við víxluðum tengingum víranna tveggja sem tengjast spólunni?
 - c) Hversu sterkur straumur fer gegnum járnkjarnann?



5. Teiknaðu þessa mynd og bættu því við hvernig segulsviðið umhverfis leiðarann lítur út.



6. Leiðari, sem straumur fer um og er hornréttur á blaðið, er teiknaður sem hringur með punkti í miðju. Umhverfis leiðarann er teiknuð segullína. Í punktum P og Q er segulnálmur komið fyrir. Teiknaðu myndina upp og sýndu stefnu segulnálnanna þegar þær hafa stöðvast.



Í BRENNIDEPLI

Hættan af háspennulínunum

Á níunda áratug síðustu aldar sýndi umfangsmikil, sænsk rannsókn að áhættan á því að ung börn fái hvítblæði sé nokkru meiri hjá þeim börnum sem búa nálægt háspennulínunum en hinum sem fjær búa. Aukna áhættan er hins vegar svo lítil að aðrir rannsakendur hafa fullyrt að hún sé ekki marktæk og geti allt eins stafað af mengun frá bílum eða annarri mengun. Rafhlínurnar eru líka oft lagðar á þeim stöðum í þéttbýli þar sem umferð er mikil.

TIL UMRÆÐU

- eru háspennulínur í nágrenninu þar sem þú býrð?
- Hefur þú áhyggjur af geislun þegar þú ert í grennd við háspennulínu?

Farsímar og krabbamein

Fram til þessa hafa engar vísbendingar fundist sem styðja þá tilgátu að samband sé milli farsímanotkunar og krabbameina. Auk þess skortir einnig líffræðilega skýringu á því hvernig geislunin frá símunum ætti að geta verið krabbameinsvaldandi. Farsími getur að vísu hitað vefina umhverfis eyrað um 0,1 °C, en það telja vísindamenn ekki geta verið hættulegt. Til samanburðar má nefna að þegar við skokkum getur líkamshitinn hækkað mun meira en þetta og það er ekki hættulegt.

Miklu fé hefur verið varið í rannsóknir á áhættuþáttum í tengslum við notkun farsíma og enn hafa menn ekki fundið neinar óyggjandi sannanir fyrir því að notkunin hafi hættu í för með sér. Sumir vísindamenn leggja nú til að menn noti þetta fjármagn til rannsókna á öðrum þáttum þar sem féð nýtist betur.



TIL UMRÆÐU

- Hefur þú áhyggjur af því að geislun frá farsímanum sé hættuleg?
- Hvað getur þú gert, ef þú hefur áhyggjur af því, til þess að líkami þinn verði fyrir minni geislun frá farsímanum?
- Hvaða álit hefur þú á umfjöllun fjölmiðla um áhættuna við notkun farsíma?
- Finnst þér að halda eigi áfram að rannsaka hvort notkun farsíma geti haft skaðleg áhrif á heilbrigði manna?



Rafmagnstæki og rafofnæmi

Þeir sem finna fyrir rafofnæmi telja sig verða fyrir skaðlegum áhrifum frá myndskjám, rafmagnstækjum og farsímum. Þrátt fyrir víðtækar rannsóknir hafa vísindamenn ekki getað fundið neitt samband milli rafsegulgeislunar og óþægilegra útbrot, svefnleysis eða þreytu.

TIL UMRÆÐU

- Hvers vegna finna vísindamenn ekkert samband þarna á milli? Hver heldur þú að skýringin sé?
- Setjum svo að íbúðareigandi leigi út íbúð. Finnst þér að eigandanum beri að láta lagfæra rafmagnsmálin ef leigjandinn telur sig finna fyrir rafofnæmi í íbúðinni?

ER RAFMAGNIÐ HÆTTULEGT?

Rafvirkjar verða ekki oftast veikir en aðrir!

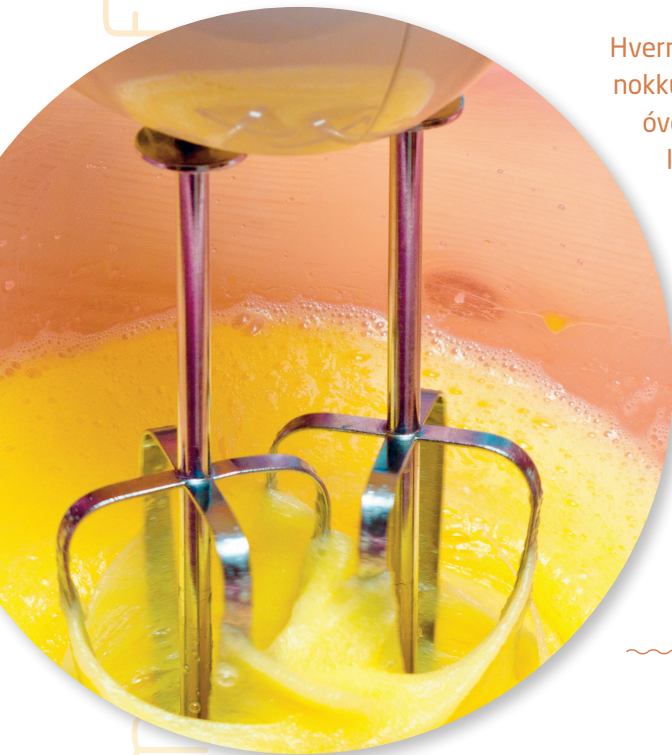
Rafvirkjar verða fyrir miklu meiri rafsegulgeislun en annað fólk. Þess vegna var það rannsakað hvort þeir fengju hlutfallslega oftast krabbamein en aðrir. Í ljós kom að svo var alls ekki. Þeir fá ekki frekar krabbamein en aðrir en hins vegar er meiri hættan á að þeir fái taugasjúkdóma. Vísindamenn tengja það þó ekki við rafsegulgeislunina heldur frekar við rafstuðin sem þeir fá í starfi sínu.

TIL UMRÆÐU

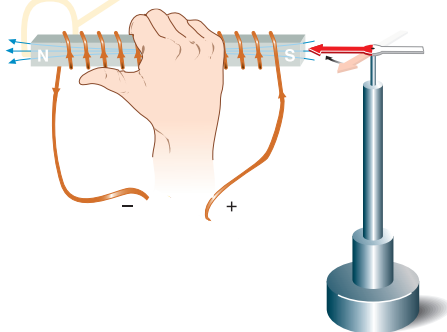
- Hvernig á að túlka niðurstöður slíkrar rannsóknar?
- Rafsegulgeislunar gæti alls staðar. Hvernig eiga menn þá að komast að því hvort ákveðið starf eða umhverfi hafi í för með sér meiri hættu fyrir heilsuna en önnur störf eða annars konar umhverfi?

3.4

Rafmótorar og raflar



Í rafmagnsþeytara knýr raforka snúningshreyfingu.



Notaðu þumalfingursregluna!
Ef fingurnir fylgja stefnu straumsins bendir þumalfingurinn í áttina að norðurskauti segulsins.

Hvern einasta dag notum við rafmagnstæki án þess að leiða nokkurn tíma hugann að því hvernig þau virka. En þegar óveður skellur á og rafmagnnið fer af áttum við okkur loksins á því hversu mikilvægt rafmagnnið er í lífi okkar.

Þá getum við ekki hlaðið farsíma, hitað vatn eða þeytt rjóma. Margvísleg starfsemi í þjóðfélaginu er mjög háð rafmagni, til dæmis sú sem fer fram á sjúkrahúsum, hjá lögreglunni og í iðnfyrirtækjum, svo að fátt eitt sé nefnt. Það er staðreynd að við hér á landi og nánast allir íbúar jarðar erum algerlega háð rafmagni. Allir vilja hafa rafmagn allan sólarhringinn og það á að vera sem ódýrast. Það merkir að bæði stjórnálamenn og stjórnendur fyrirtækja þurfa að rísa undir miklum og ströngum kröfum. En við skulum byrja kaflann á því að kynna okkur nánar hvernig rafmagnsþeytari virkar.

Segulsvið umhverfis spólu

Þegar þú stingur rafmagnsþeytara í samband og ýtir á rofann fer þeytarinn að snúast. Á einhvern hátt umbreytist rafmagnnið í snúningshreyfingu. Hvernig gerist þetta? Við skulum útskýra það skref fyrir skref.

Inni í rafmagnsþeytara er *spóla*, sem er langur koparvír vafinn um sívalning. Þegar straumur fer gegnum spóluna verður hún að *segli* með norðurskauti og suðurskauti.

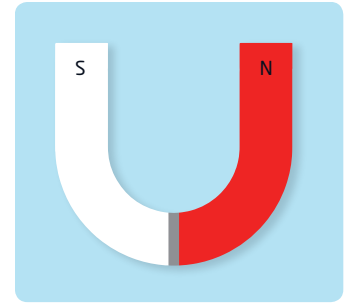
Ef við leggjum hægri hönd okkar yfir spóluna með fingurna í stefnu straumsins vitum við að norðurskaut segulsins er þeim megin sem þumalfingurinn er.

Segulmagn skapar hreyfingu

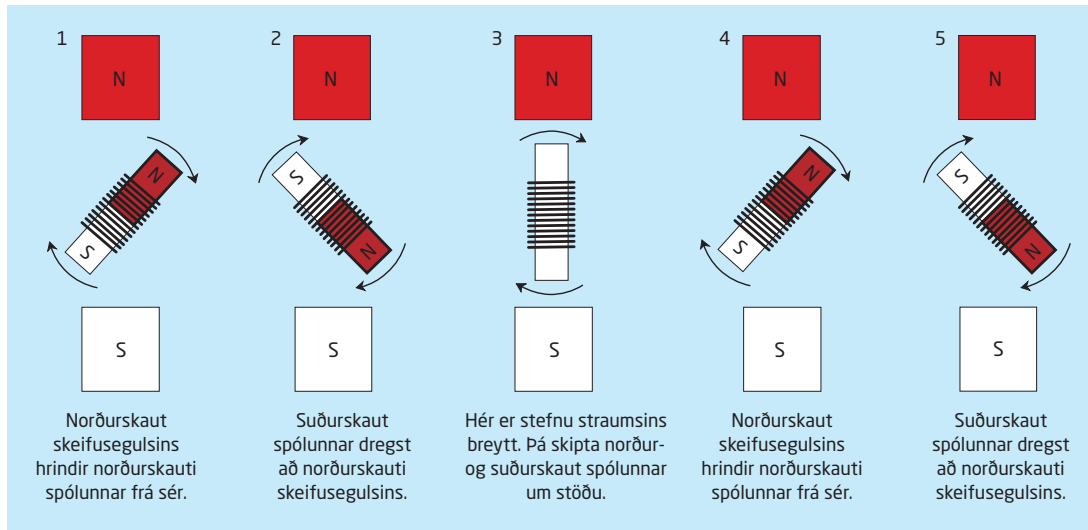
Við setjum spólu milli norður- og suðurskauts á *skeifusegli*. Þegar rafmagn er hleypt á fer straumur gegnum spóluna og hún verður að segli. Spólan snýst sjálfkrafa og norðurskaut hennar dregst að suðurskauti skeifusegulsins.

Nú breytum við stefnu straumsins í spólunni og það hefur í för með sér að norður- og suðurskautin víxla stöðum. Nýja norðurskaut spólunnar snýr nú að norðurenda skeifusegulsins. Það merkir að skautin hrinda hvort öðru frá sér og spólan snýst snarlega um hálfhring.

Ef við höldum áfram að breyta stefnu straumsins í spólunni snýst hún um hálfhring í hvert sinn. Við erum nú kominn með grunn að rafmótor (rafhreyfli). En þetta einfalda líkan nægir ekki til þess að við getum þeytt rjómann. Til þess þurfum við einn hlut í viðbót.



Skeifusegull



Svona virkar rafmótor

Ef við höldum áfram að víxla straumstefnunni handvirkt fáum við spóluna aldrei til að snúast mjög hratt. Við þurfum að víxla stefnunni miklu hraðar en við ráðum við sjálf. Þetta getum við gert með því að láta straumstefnuna víxlast sjálfkrafa þegar spólan snýst hálfhring. Þá gerist það af sjálfu sér að því hraðar sem spólan snýst þeim mun hraðar víxlast straumstefnan. Spólan byrjar að snúast hratt og við erum kominn með *rafmótor* (sem nefnist líka rafhreyfill). Nú snúast spaðarnir á þeytaranum svo hratt að við getum þeytt rjómann.

Við getum látið spóluna snúast allhratt með því að víxla stefnu straumsins í sífellu.



Inni í handþeytara leynist rafmótor sem er gerður úr spólu og segli.

Raforku breytt í hreyfiorku

Í sinni einföldustu mynd er rafmótor gerður úr spólu sem snýst í segulsviði. Spólunni er komið fyrir á öxli sem getur til dæmis snúið þeytara sem við notum til að þeyta rjómann á pönnukökurnar.

Allir rafmótorar eiga það sameiginlegt að í þeim breytist *raforka* í *hreyfiorku*.

Span

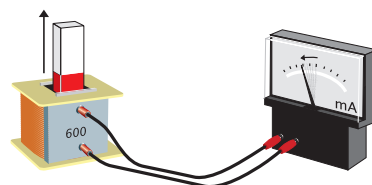
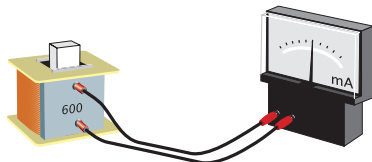
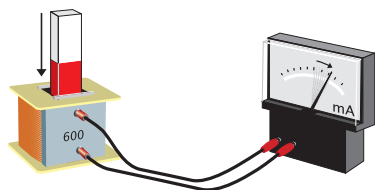
Við vitum að rafstraumur getur skapað segulsvið en það áhugaverða er að þetta getur snúist við. Segulsvið getur myndað *rafstraum*. Við getum sýnt fram á þetta með einfaldri tilraun. Við þurfum bara straumrás með spólu og strauummæli.

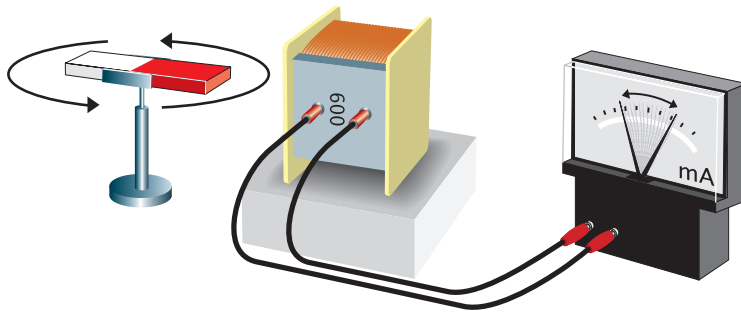
Þegar segli er stungið inn í spóluna sýnir ampermælirinn útslag. Það merkir að straumur hefur myndast í straumrásinni. Ef seglinum er haldið kyrrum í spólunni myndast enginn straumur. Ef við drögum segulinn síðan út úr spólunni myndast straumur aftur í straumrásinni en nú hefur straumurinn andstæða stefnu miðað við áður.

Straumur myndast sem sagt þegar segullinn *breyfist* í spólunni en ekki þegar hann er kyrr. Þetta fyrirbæri kallast *span*. Straumur, sem verður til á þennan hátt, nefnist *spanstraumur*.

Því hraðar sem segulsviðið breytist inni í spólunni þeim mun sterkari verður straumurinn sem myndast. Til að skapa sterkan straum þarf því að hreyfa segulinn hratt fram og til baka. Fjöldi vafninganna í spólunni hefur líka áhrif á styrk straumsins. Því fleiri sem vafningarnir eru þeim mun sterkari verður straumurinn sem myndast.

Pegar seglinum er stungið inn í spóluna sýnir mælirinn útslag. Þegar segullinn er dreginn út úr spólunni aftur sýnir mælirinn aftur útslag en nú er það í hina áttina.





Segullinn, sem snýst, breytir segulsviðinu í spólunni stöðugt. Við það myndast straumur sem breytir sífellt um stefnu. Við höfum búið til riðstraum.

Svona virkar rafall

Það er erfitt að hreyfa segulinn hratt fram og til baka inni í spólunni. Það nægir þó líka að láta segulinn snúast við hlið spólunnar. Þegar segullinn snýst breytist segulsviðið sífellt inni í spólunni og straumur myndast. Búnaður, sem myndar straum á þann hátt sem hér er lýst, nefnist *rafall*. Allir raflar eiga það sameiginlegt að þeir breyta *breyfiorku* í *raforku*. Í þessu tilviki veldur snúningur segulsins því að hreyfiorka hans breytist í rafstraum í spólunni.

Riðstraumur og jafnstraumur

Straumurinn, sem verður til þegar segull snýst í segulsviði við hliðina á spólu, er ekki eins og sá sem við fáum úr rafhlöðu. Straumur frá rafhlöðunni hefur alltaf sömu stefnuna í straumrás. Slíkur straumur nefnist *jafnstraumur*. Segullinn sem snýst, myndar hins vegar straum sem breytir stefnu sinni í sífellu. Þetta getum við séð með því að ampermælirinn slær nálinni fram og til baka. Þessi tegund straums nefnist *riðstraumur*.



Straumur frá rafhlöðu hefur alltaf sömu stefnu, hann er jafnstraumur.

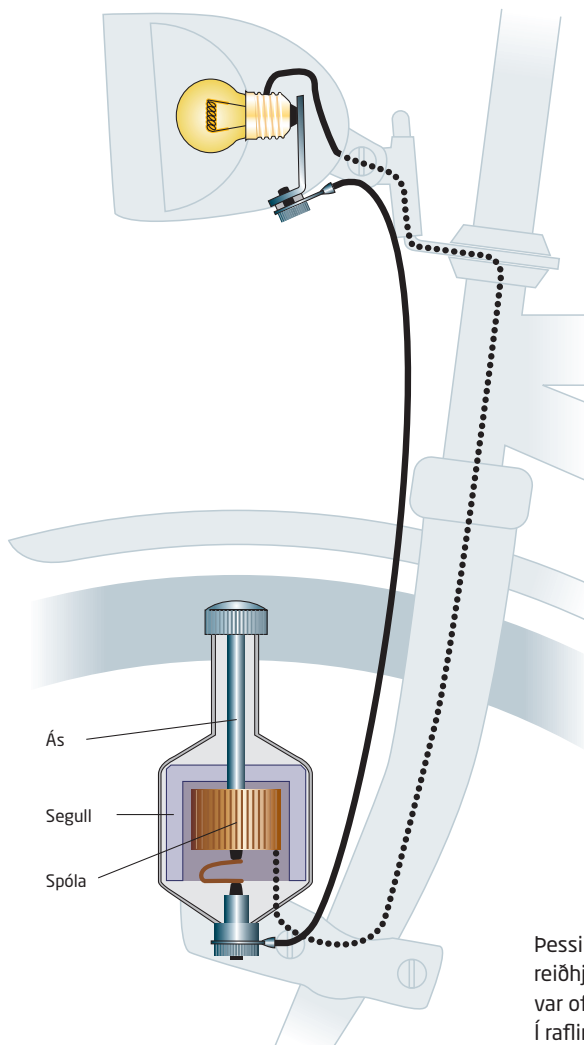


Straumurinn í venjulegum tengli (innstungu) breytir sífellt um stefnu, hann er riðstraumur.



Rafall á reiðhjóli

Á flestum nýjum reiðhjólum eru ljósin knúin með rafhlöðum. Áður fyrr var algengt að á hjólum væri rafall sem sá ljósunum fyrir orku. Þessi rafall var oft kallaður *dýnamór*. Á sumum nýjum hjólum er hann nú innbyggður í nafið sem er kringum öxul gjarðarinnar. Á eldri hjólum var rafallinn oft festur á framgaffalinn og þegar þurfti að lýsa var rafallinn látinn leggjast að dekkinu. Inní raflinum er hringlaga segull og inní honum er spóla. Þegar hjólað er snýst spólan inní segulsviðinu og þá myndast straumur sem fær peruna í ljósinu til að lýsa.



Þessi gamla gerð af reiðhjólarafli (reiðhjóladynamór) var oftast fest á framgaffalinn. Í raflinum er meðal annars spóla sem snýst innan í segli.

Raflar í orkuverum

Hingað til höfum við fjallað um litla rafla en stóra rafla finnum við til dæmis í *vatnsorkuverum*, *varmaorkuverum*, *kjarnorkuverum* og *vindmyllum*. Raflarnir í þessum orkuverum eiga flestir það sammerkt að í þeim er stór segull sem snýst innan í spólu. Stundum er segullinn þó kyrr og spólan snýst þá í staðinn. Frá röflunum berst riðstraumur til tengla (innstungna) í húsum okkar. Í venjulegum tengli hér á landi og víðar er spennan 230 V og tíðnin 50 rið (eða herts, táknað Hz). Það merkir að straumstefnan breytist lotubundið 50 sinnum á sekúndu. Munurinn á mismunandi orkuverum liggur ekki í sjálfum röflunum heldur í því hvers konar orka knýr hreyfinguna í þeim. Í vatnsorkuveri er það aflið frá fallandi vatni sem fær segulinn til að snúast og í varmaorkuveri er það sjóðheit gufa sem leggur til orkuna sem snýr seglinum. Vindurinn sér svo um það í vindmyllum.

Þetta er þó nýstárlegast í kjarnorkuverum. Þar eru það frumeindakjarnar úrans sem klofna og þá losnar orka í formi varma sem sýður vatn. Heit gufan snýr síðan gufuhverflum á svipaðan hátt og í varmaorkuverum.



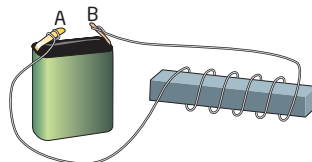
Spaðar vindmyllu eru tengdir við gírkassa sem lætur rafalinn snúast með sem jöfnustum hraða. Þetta skiptir máli til þess að rafmagn með stöðugri spennu og tíðni sé ávallt sent inn á dreifikerfið.

SIJALFSPROF UR 3.4

ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

• spóla • rafmótor • span • rafall • jafnstraumur • riðstraumur

1. Hvað gerist ef þú færir tvö eins segulskaut á seglum hvort að öðru?
2. Nefndu dæmi um tæki heima hjá þér sem eru með rafmótor.
3. Hversu há er spennan í venjulegum vegg tengli?
4. Hvers konar straum færðu úr
 - a) vegg tengli (innstungu)?
 - b) rafhlöðu?
5. Hvers konar orkuumbreyting á sér stað í
 - a) rafmótor?
 - b) rafli?
6. Hvar nota menn rafla? Nefndu dæmi.
7. Teiknaðu mynd af spólu sem er tengd við rafhlöðu. Sýndu stefnu straumsins og merktu norður- og suðurskaut spólunnar.
8. Hvernig getum við fengið spólu, sem komið er fyrir inni í skeifusegli, til að snúast?
9. Hvaða þættir hafa áhrif á það hversu sterkur spanstraumur verður til?
10. Myndin sýnir spólu sem er í segulsviði. Straumur fer gegnum spóluna í þá stefnu sem örvarnar sýna. Örvarnar á spólunni eru á þeirri hlið sem snýr að okkur.
 - a) Hvar verður suðurskaut spólunnar og hvar norðurskaut hennar?
 - b) Hvernig bregst spólan við ef henni er þannig komið fyrir að hún geti snúist?
11. Segulnálin snýst eins og örvarnar sýna. Er það A eða B sem er jákvæða skautið á rafhlöðunni?
12. Útskýrðu hvernig spanstraumur myndast.



3.5

Spennubreytar – hvernig vinna þeir?

Rafmagnið og þekking á því olli straumhvörfum í þróun tækninnar og sú bylting gerbreytti lifnaðarháttum manna og enn sér ekki fyrir endann á því. Breytingarnar hafa líklega aldrei verið hraðari en síðustu tvo áratugin. Um allan heim þyrsti menn í rafmagn til að lýsa híbýli sín, hita þau eða kæla og til að létta sér störf. Fregnir af hagnýtingu rafmagns bárust fljótt til Íslands og nokkru fyrir aldamótin 1900 var farið að fjalla um þessa nýju uppgötvun í blöðum hér á landi. Veturinn 1888–1889 var keypt kennslutæki til Menntaskólans í Reykjavík í því skyni að gera tilraunir með rafmagn. Rafvæðing landsins hófst árið 1904 með fyrstu rafveitunni í Hafnarfirði og var mest áhersla lögð á að nýta rafmagnið til lýsingar innan húss og utan. Um 1940 fóru Íslendingar smám saman að nota stór raftæki eins og eldavélar, þvottavélar og kælikápa samhliða því sem Sogið, er rennur úr Þingvallavatni, og Laxá í Aðaldal voru virkjuð til að mæta raforkuþörfinni. Segja má að rafvæðingu Íslands hafi lokið árið 1984 þegar samtengingu rafveitna lauk og nánast allir landsmenn höfðu fengið aðgang að rafmagni sem var framleitt með innlendri orku.



Elliðaárstöð var vígð í júní 1921. Rafmagnið var leitt í aðveitustöð á Skólavörðuholti og þaðan í nokkrar spennistöðvar víðs vegar um Reykjavík. Í lok ársins hafði nærri helmingur húsa í bænum tengst rafmagni.

Straumhvörfin miklu

Eins og nefnt var hér að ofan olli tilkoma og nýting rafmagns straumhvörfum í samfélögum um allan heim. Nýir straumar flæddu um vísindaheiminn og raunar allt mannlífið vegna rannsókna á rafmagni. Aukin þekking á rafmagni og nýtingu þess leiddu til nýrra uppgötvana sem sýndu betur en nokkuð annað hversu miklir möguleikar fylgdu þessu merkilega fyrirbæri sem rafmagnið er. Um leið breyttust lifnaðarhættir manna. Mörgum þótti í fyrstu einna mest um vert að geta nýtt rafmagn til að lýsa upp hús og götur í þéttbýli og bæga burtu myrkrinu.

Einn helsti frumkvöðull rafvæðingar á Íslandi var *Frímann B. Arngrímsson* (1855–1936) sem nam og starfaði um hríð í Bandaríkjunum. Hann kom aftur til Íslands skömmu fyrir aldamótin 1900 og lýsti hugmyndum sínum um rafvæðingu Reykjavíkur með því að Elliðaárnar yrðu virkjaðar. Þessar hugmyndir útheimtu þó meira fjármagn en til var í landinu og af þessu varð ekki að sinni. Fyrsta vatnsaflsstöðin var svo reist í Hafnarfirði árið 1904, að frumkvæði *Jóhannesar J. Reykdals* (1874–1946). Hún lýsti upp verkstæði Jóhannesar og 17 önnur hús í nágrenni þess.

Spennubreytir breytir spennunni

Þegar við hlöðum farsímann getum við ekki tengt hann beint við vegg tengil með snúru. Við verðum að nota sérstakt hleðslutæki fyrir farsíma. Áfast klónni á hleðslutækinu er lítið stykki úr plasti. Í því er *spennubreytir*. Hann breytir háu spennunni í vegg tenglinum í *lága spennu* sem síminn þolir. Í tækinu eru enn fremur nokkrar straumrásir sem breyta riðstraumi vegg tengilsins í jafnstraum. Þegar þetta er skrifað á árinu 2015 þarf yfirleitt mismunandi hleðslutæki fyrir hinar ýmsu símategundir en unnið er að því að staðla hleðslutækin þannig að sama tækið geti þjónað mörgum símategundum.

Spennubreytar geta ekki bara lækkað spennuna heldur líka hækkað hana þegar svo ber undir. Það er til dæmis gert í raforkukerfum þegar menn flytja rafmagnið langar leiðir; þá er miklu hagkvæmara að nota *háspennu* og lækka svo spennuna aftur í grennd við notandann.



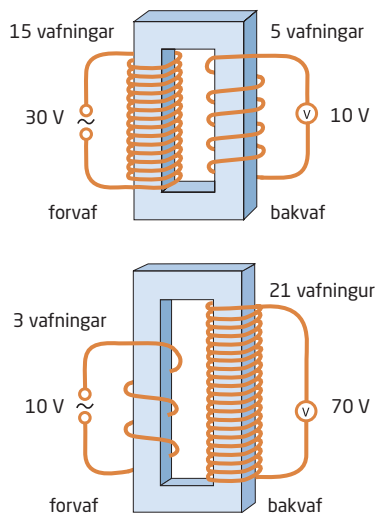
Mörg raftæki ganga fyrir lægri spennu en fæst úr vegg tengilunum. Þess vegna þurfum við að nota spennubreyti til að hlaða farsímann okkar.

Forvaf og bakvaf

Við notum spennubreyti ef raftæki gengur fyrir hærri eða lægri spennu en orkugjafinn gefur frá sér. Spennubreytir gengur bara fyrir *riðstraumi*. Ef við tengjum spennubreyti við jafnstraum, til dæmis frá rafhlöðu, virkar spennubreytirinn ekki.

Í sinni einföldustu mynd er spennubreytir gerður úr tveimur spólum, sem nefnast *forvaf* og *bakvaf* (einnig nefnt eftirvaf), og lokuðum járnkjarna. Báðar spólurnar eru vafðar um járnkjarnann en þær eru aðskildar, mynda sem sagt tvær óháðar straumrásir. Enginn straumur fer um járnkjarnann en hann stuðlar að því að sem mest af segulviðslínunum frá annarri spólunni fari líka gegnum hina, til þess að orkutap verði sem minnst.

Í annarri straumrásinni er spennugjafinn og önnur spólan sem nefnist forvaf. Í hinni rásinni er raftækið sem við ætlum að nota ásamt hinni spólunni, bakvafinu.



Við getum breytt lágrí spennu í háa, eða öfugt, með einföldum spennubreyti.

Fjöldi vafninga ákvarðar spennuna

Þegar jafnmargir vafningar eru í bakvafinu og forvafinu verður spennusveiflan í heild jafnstór en annars minnkar eða vex spennan í bakvafinu í hlutfalli við fjölda vafninganna í því. Ef við viljum lækka spennuna með spennubreyti þarf bakvafið að vera með færri vafninga en forvafið og öfugt ef við viljum hækka spennuna.

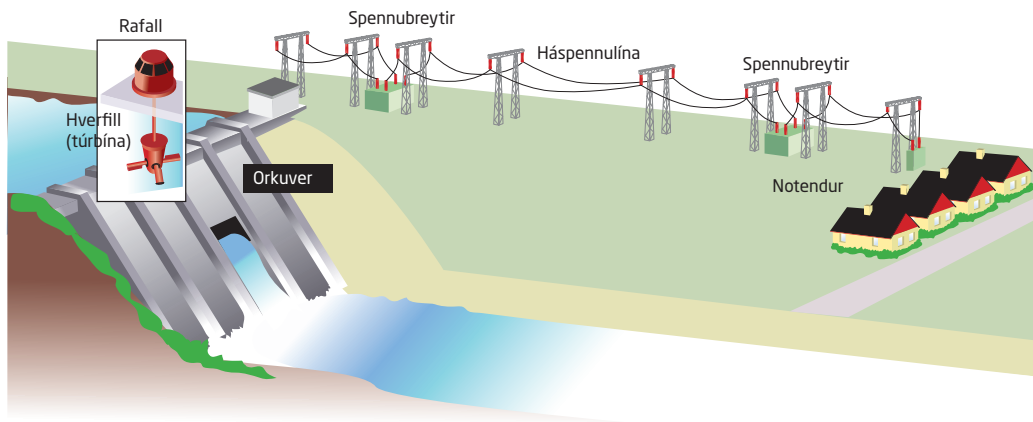
Forvaf með 600 vafningum er tengt við 24 volta riðstraum. Ef bakvafið hefur 300 vafninga verður spennan í því 12 volt. En ef 1200 vafningar eru í bakvafinu verður spennan 48 volt.

Spennan helmingast sem sagt í bakvafinu ef vafningarnir í því eru helmingi færri. Á sama hátt tvöfaldað spennan ef fjöldi vafninga er tvöfaldaður.

Flutningur raforku eftir dreifikerfinu

Íslenska dreifikerfið fyrir raforku miðlar orku frá vatnsorkuverum, varmaorkuverum og fáeinum vindmyllum. Flest orkuverin framleiða riðstraum með spennu sem er 11 000 volt. Ef flytja þarf raforkuna langar leiðir, jafnvel milli landshluta, með háspennulínunum er þessi spenna hækkuð gríðarlega. Ef það er ekki gert hitna línurnar og mikil orka tapast þá á leiðinni. Þess vegna er spennan hækkuð upp í um það bil 220 000 volt. Þessi háa spenna er svo lækkuð aftur áður en hún nær til notenda við hinn endann. Í venjulegum tengli í heimahúsum er spennan svo komin niður í 230 V en sú spenna er ekki nærri því eins hættuleg fyrir notandann og háspennan sem notuð er við flutninginn.

Áður en raforkan er send frá vatnsorkuveri með háspennulínunum til notenda á Íslandi er spennan hækkuð úr 11 000 voltum upp í 220 000 volt.



Jafnstraumur er nú álitlegri kostur en áður

Undanfarin ár hefur æ oftast verið rætt um að við Íslendingar seljum raforku til annarra landa, því að við getum enn aukið raforkuframleiðsluna verulega. Við gætum flutt út endurnýjanlega orku en vandinn liggur í strengjunum sem gætu flutt orkuna milli landa. Þessi mál eru nú í skoðun, bæði hér á landi og í þeim löndum sem kæmu til með að kaupa orkuna af okkur. Líklegt er að þessir strengir myndu flytja jafnstraum en ekki riðstraum eins og nú er algengast. Meginástæðan er sú að riðstraumur í sæstreng hefur meiri áhrif á rafhlaðnar jónir í sjónum en jafnstraumur. Minna orkutap verður því með jafnstraumi.

Sænskum vísindamönnum hefur nú tekist að smíða nýja gerð straumrofa fyrir jafnstraum en það hafði ekki tekist fyrr. Þessir nýju rofar eru færir um að rjúfa sterkan straum á sekúndubroti. Þetta er forsenda þess að nota megi jafnstraum í dreifikerfi raforku. Hugvitsmennirnir, sem fundu upp þessa nýju gerð rofa, líkja þessari tækni við að hægt væri að stöðva fullhlaðinn vöruflutningabíl á mikilli ferð á hundraðasta hluta úr sekúndu. Ef jafnstraumur er notaður í dreifikerfinu minnkar orkutapið í sjálfu kerfinu og þá þarf líka miklu færri straumbreyta en þegar riðstraumur er notaður.

Þessi nýja tækni er forsenda þess að hægt verði að flytja raforku um langa vega milli landa, til dæmis frá Íslandi til Bretlandseyja eða frá risavöxnum sólarorkuverum í sólríkum eyðimörkum til Evrópu.



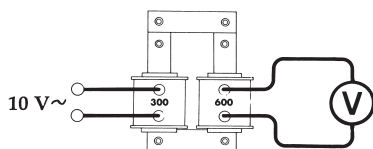
Þessir vísindamenn eru að vinna við nýja jafnstraumsrofan sem þeir fundu upp.

SIJALFSPRÓF ÚR 3.5

ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

- spennubreytir • forvaf • bakvaf

1. Fyrir hvers konar straumi ganga spennubreytar?
2. Hvor spólan, forvafið eða bakvafið, þarf að hafa fleiri vafninga ef ætlunin er að hækka spennuna?
3. Spennan er hækkuð við orkuverin okkar áður en straumurinn er sendur langar leiðir eftir dreifikerfinu. Hver er skýringin á því?
4. Skoðaðu myndina hér að neðan.
 - a) Hvað sýnir voltmælirinn?
 - b) Hvað mundi voltmælirinn sýna ef forvafið hefði 60 vafninga?
 - c) Fer einhver straumur gegnum járnkjarnann?
5. Í spennubreyti hefur bakvafið 600 vafninga. Pera, sem er gerð fyrir 230 V, er tengd við bakvafið. Við forvafið er tengdur 10 V riðstraumur. Hversu margir þurfa vafningarnir að vera í forvafinu til þess að peran fái þá spennu sem hún þarf og geti farið að lýsa? Námunndaðu að heilum vafningi.
6. Pera, sem er gerð fyrir 3,5 V, er tengd með spennubreyti við 230 V spennu. Hversu margir þurfa vafningarnir að vera í bakvafinu til þess að peran lýsi til fulls ef forvafið hefur 600 vafninga? Námunndaðu að heilum vafningi.
7. Af hverju virkar spennubreytir bara með riðstraumi, en ekki jafnstrumi?



SAMANTÆKT

3.1

Spenna, straumur og viðnám

- *Spenna* er mæld í voltum og táknuð sem U . *Straumur* er mældur í amperum, A . *Viðnám* er mælt í ómum.
- Því meira viðnám sem efni hefur þeim mun verr leiðir það straum.
- Samkvæmt *lögmáli Ohms* gildir að:

$$\text{viðnám} = \frac{\text{spenna}}{\text{straumur}} \quad R = \frac{U}{I}$$

- Lögmál Ohms má skrifa á tvo aðra vegu:

$$\text{spenna} = \text{viðnám} \cdot \text{straumur} \quad U = R \cdot I$$

$$\text{straumur} = \frac{\text{spenna}}{\text{viðnám}} \quad I = \frac{U}{R}$$

3.2

Segulmagn

- Allir seglar hafa bæði *norðurskaut* og *suðurskaut*.
- Samstæð segulskaut hrinda hvort öðru frá sér. Gagnstæð segulskaut dragast hvort að öðru.
- Ef segli er skipt í tvennt verða til tveir nýir seglar sem hafa hvor um sig bæði norður- og suðurskaut.
- Umhverfis hvern segul er *segulsvið*. *Segullínur*, sem svo eru kallaðar, eru sagðar ganga frá norðurskauti til suðurskauts.
- Ef járnagli eða annar hlutur úr jární nálgast segul verður naglinn líka segulmagnaður. Fyrirbærið nefnist *segulhrif*.
- Jörðin sjálf er risavaxinn segull. Suðrusegulskaut jarðar er núna í Norður-Kanada.
- Ef segull leikur frjáls um lóðréttan ás stöðvast hann alltaf í stefnu milli segulskautanna sem er oftast svipuð og stefnan milli norður- og suðurskauts jarðar. Þetta gerir hann vegna áhrifa segulsviðs jarðar.
- *Norður- og suðurljós* stafa af því að rafhláðnar agnir berast frá sól, verða fyrir áhrifum af segulsviði jarðar og rekast á eindir í lofthjúpnum. Ljósín eru tíðust og skærust á hringlaga beltum í ákveðinni fjarlægð frá segulskautunum tveimur.

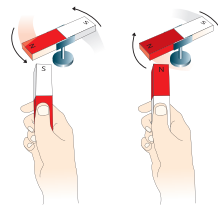
3.3

Rafseglar

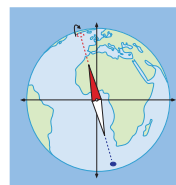
- Umhverfis rafleiðara verður til segulsvið. Ef leiðarinn er beinn mynda segullínurnar hringi um leiðarann, hornrétt á hann.
- *Rafsegull* er segull þar sem rafstraumur í spólu skapar segulsviðið. Ef járnkjarni er í spóluinni verður hann segulmagnaður þegar straumur fer gegnum spóluna. Enginn straumur fer gegnum járnkjarnann.
- Rafseglar hafa þann kost að þeir afsegulmagnast strax ef straumur til þeirra er rofinn.
- Styrkur rafseguls ræðst af því hversu sterkur straumurinn er og af fjölda vafninganna í spóluinni.



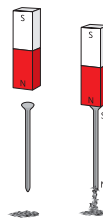
Sterkur straumur fer gegnum hárpurrkuna.



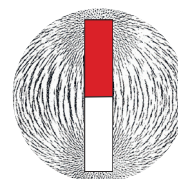
Seglarnir verka hvor á annan.



Jörðin sjálf er segull.



Vegna segulhrifa segulmagnast naglinn.

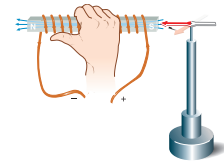


Segullínur umhverfis segul.

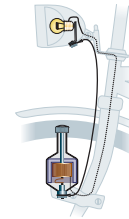
3.4

Rafmótorar og raflar

- Þegar straumur fer gegnum spólu myndast segull.
- Þegar straumur fer gegnum spólu í segulsviði snýst spólan. Ef við víxlum straumstefnunni í spólunni í sífellu snýst hún stöðugt. Við erum komin með *rafmótor* (rafhreyfil).
- Ef við stingum segli inn í spólu myndast straumur í spólunni. Þetta kallast *spanstraumur*. Straumurinn verður sterkari eftir því sem vafningarnir í spólunni eru fleiri, eftir því sem segullinn er sterkari og eftir því sem hann hreyfist hraðar fram og til baka inni í spólunni.
- Við getum búið til einfaldan *rafal* með því að láta segul snúast framan við spólu með járnkjarna, sem myndast, breytir stefnu sinni í sífellu. Þess konar straumur nefnist *riðstraumur*.
- Spennan í venjulegum tengli (innstungu) er 230 V.
- Ef við látum spólu snúast innan í segli myndast straumur í spólunni. Þannig vinnur til dæmis venjulegur rafall á reiðhjóli.
- Í rafli breytist *hreyfiorka* í *raforku*.



Pumallinn bendir á norðurskautið.

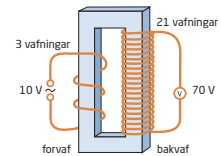


Rafallinn á reiðhjólinu gefur orku til lýsingar.

3.5

Spennubreytar - hvernig vinna þeir?

- Við getum hækkað eða lækkað spennuna með *spennubreyti*. Í spennubreyti eru tvær spólur utan um sameiginlegan járnkjarna sem lokast eins og hringur. Spólurnar nefnast *forvaf* og *bakvaf*.
- Ef bakvafið hefur fleiri vafninga en forvafið þá hækkar spennan og öfugt ef vafningarnir á bakvafinu eru færri.
- Í orkuverum er spennan hækkuð verulega áður en rafmagnið er sett inn á langar háspennulínur dreifikerfisins. Ef spennan væri ekki hækkuð myndu línurnar hitna meira og hlutfallslega meiri orka færi til spillis á leiðinni, eða þá að við þyrftum að nota miklu meira efni í raflíunarnar.



Þessi spennubreytir hækkar spennuna.

LOKAHDYKKURINN

1 Tengdu hugtökin til vinstri við lýsingarnar til hægri.

- | | |
|---------------------|--|
| 1 Misvísun | A Getur hækkað spennu |
| 2 Lögmál Ohms | B Er í spennubreyti |
| 3 Spennubreytir | C Hægt að afsegulmagna á augabragði |
| 4 Rafsegull | D Myndar rafstraum |
| 5 Segulhrif | E Vensl milli spennu, straums og viðnáms |
| 6 Pumalfingursregla | F Getur sagt til um stefnu segulsviðs |
| 7 Raffall | G Frávik áttavita frá hánorðri |
| 8 Forvaf | H Segulmögnun hlutar þegar segull nálgast hann |

2 Hvert eða hver þeirra hafa rétt fyrir sér?

A Annar endi rafseguls getur stundum verið norðurskaut og stundum suðurskaut.

B Rafsegull verður sterkari eftir því sem vafningar spólunnar eru fleiri.

C Enginn straumur fer gegnum járnkjarnann.

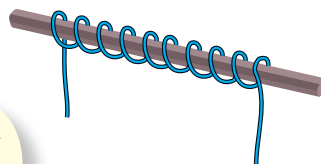
D Tvö norðursegulskauf geta verið á rafsegli.

A

B

C

D



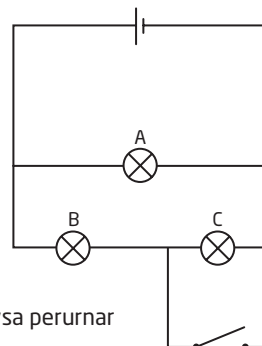
3 Hvaða fullyrðing er röng? Segulnál verður fyrir áhrifum frá

- A: járnaglia
B: rafhlaðinni plastgreiðu
C: rafsegli
D: stangarsegli

4 Fyrir hvað er danski eðlisfræðingurinn Ørsted helst þekktur?

5 Í mörgum raftækjum sem við notum eru spennubreytar. Útskýrðu hvers vegna þeir eru nauðsynlegir.

6 Þrjár eins glóperur eru tengdar rafhlöðu eins og teikningin sýnir. Hvernig lýsa perurnar
a) áður en þú ýtir á straumrofann? b) eftir að þú ýtir á straumrofann?



- 7 Hvað finnst þér um fullyrðinguna í myndinni?
- 8 Í orkuverum af ýmsum gerðum eru raflar sem framleiða raforku. Hver er munurinn á vatnsorkuveri, varmaorkuveri og kjarnorkuveri?
- 9 Ef þú tengir tæki með litlu viðnámi við rafhlöðu getur straumurinn í straumrásinni orðið mörg amper. Er hættulegt að taka um vírana ef þeir eru ekki einangraðir?



- 10 Segli er skipt í tvennt að endilöngu. Hvað gerist þegar báðir helmingarnir eru færðir hvor að öðrum á þann hátt sem myndin sýnir?
- 11 Við sjáum oft fugla sitja á rafmagnslínunum án þess að þess verði vart að þeir finni nokkuð fyrir því. Hver er skýringin á þessu?

- 12 Í verklegum eðlisfræðitíma áttu nemendur að kanna sambandið milli fjölda vafninga í spólu og styrks rafseguls. Bornar voru saman spólur sem höfðu annars vegar 300 vafninga og hins vegar 600 vafninga. Nemendurnir tengdu spólurnar við straumgjafa, stungu járnkjarna í spólurnar og könnuðu hvor spólan gæti lyft flestum nöglum. En nemendurnir tengdu spólurnar ekki eins:
- Lína tengdi fyrst spóluna með 300 vafningum og síðan spóluna með 600 vafningum við straumgjafann.
 - Brandur tengdi báðar spólurnar samtímis við straumgjafann, með raðtengingu.
 - Tryggvi tengdi báðar spólurnar samtímis við straumgjafann, með hliðtengingu.
 - a) Hvaða tenging heldur þú að hafi verið best?
 - b) Útskýrðu hvernig þú hugsar svarið.

- 13 Við fáum riðstraum úr vegg tengilunum okkar, það merkir að straumurinn breytir stefnu sinni í sífellu. Hann fer fyrst í eina átt, stöðvast og fer síðan í gagnstæða stefnu. Ef við tengjum peru við vegg tengil ætti peran að blikka. Hvers vegna gerir hún það ekki?





Það sem vinnst í krafti tapast í vegalengd.
Hvað heldur þú að sé átt við með þessu?

4

ORKA OG AFL

Pekking stuðlar að sjálfbærni

Ljósaperur, kaffivélar, þvottavélar, kæliskápar og tölvur: öllum þessum tækjum fylgja tæknilýsingar þar sem fram kemur hversu mikla orku þau nota á tilteknum tíma. Og tækin okkar þurfa mikla orku. Gallinn er sá að mikill hluti þeirrar orku, sem mannkynið þarf á að halda, er framleiddur þannig að náttúran og umhverfið skaðast. Mannkynið stendur frammi fyrir ögrandi verkefni. Við verðum að gera okkur ljóst hversu mikla orku þarf í raun og veru til þess að framleiða vörunar sem við notum. Öll tæki og búnaður eiga að sjálfsögðu að skila sínu hlutverki en í framtíðinni þarf það að gerast með minni orkunotkun. Auk þess verðum við að framleiða þá orku, sem við þurfum til að knýja öll þessi tæki, á sjálfbæran hátt. Við þurfum með öðrum orðum að framleiða orkuna án þess að skaða umhverfi okkar.



Pyrfti meiri eða minni vinnu til þess að komast upp á fyrstu hæð ef fleiri tröppur væru í stiganum, hann hallaðist minna og væri lengri?



Hvers vegna er mikilvægt að hafa skilning á því hversu mikla orku við notum?

Í ÞESSUM KAFLA LÆRIR ÞÚ

- um einfaldar vélar, svo sem vogarstöng, skáborð, trissu og fleyg, og hvernig þær hafa verið notaðar í aldanna rás til að létta mönnum margs konar verk
- um eðlisfræðilega merkingu orðsins vinna
- um gullna reglu aflfræðinnar
- að orka er geymd vinna, geta til að framkvæma vinnu
- um muninn á aflfræðilegu og raffræðilegu afli og hvernig við reiknum það út í hversdagslegu samhengi
- um aukna orkunotkun í samfélögum nútímans og hvaða áhrif hún hefur á umhverfið
- hvernig við getum dregið úr orkunotkun okkar, bæði til að spara fjármuni og stuðla að sjálfbærni
- að ræða um vistvæna raforku og möguleika okkar til að selja orku til annarra landa um sæstreng

EFNI KAFLANS

4.1 Eðlisfræðileg vinna

4.2 Aflfræðileg orka og afl

4.3 Raforka og rafafi

Í BRENNIDEPLI Orkuframleiðsla og umhverfið



Pingeyrakirkja

Menn hefðu ekki getað reist Pingeyrakirkju án þess að nota einfaldar vélar. Hvaða gerðir af einföldum vélum sérðu á myndinni?



4.1

Eðlisfræðileg vinna

Hvernig fóru menn að hér áður fyrr þegar þeir byggðu hallir, kirkjur og brýr? Svarið við spurningunni er að þeir notuðu vélar. En þær vélar voru svo einfaldar að nú köllum við þær yfirleitt ekki vélar nema í eðlisfræðilegu samhengi. Þið kannist þó líklega við heiti þessara véla: skáborð, fleygur, sknúfa, vogarstöng, hjól og trissa. Þessi áhöld eru kölluð vélar vegna þess að þau meðhöndla krafta, stækka þá eða minnka eða breyta stefnu þeirra, og það er þeim öllum sameiginlegt.

Steinbyggingar voru reistar með einföldum vélum

Kirkjan að Pingeyrum í Húnavatnshreppi er eitt af fyrstu steinhúsum landsins, reist á árunum 1864–1877. Hún er hlaðin úr blágrýti sem límt er saman með kalki. Grjótið var sótt í Ásbjarnarnes, skammt frá Pingeyrum, og þurfti að flytja það yfir allstórt stöðuvatn er nefnist Hóp. Menn létu sér verkið til mikilla muna með *einföldum vélum*. Lögmálin um það hvernig kraftur og hreyfing verka saman hafa lengi verið þekkt. Grikkinn Arkimedes þekkti þau að verulegu leyti á þriðju öld f.Kr. Vitað er að menn notuðu líka einfaldar vélar þegar hinir stórkostlegu píramídar í Egyptalandi voru reistir fyrir rúmum 4000 árum.

Járnkarlinn er vogarstöng

Verkamennirnir auðvelduðu sér verkið með því að nota langar stengur til að spenna upp og losa þung björg og færa þau úr stað. Stengurnar eru einföld vél sem nefnist *vogarstöng*. Til að vogarstöngin verki vel þarf hún að hvíla á föstum punkti og snúast um hann. Þessi punktur nefnist *vogarás*. Best er að fjarlægðin frá höndunum að vogarásnum sé sem mest en fjarlægðin frá vogarásnum að steininum sé sem minnst (sjá mynd efst á bls. 93). Með þessu móti er hægt að flytja þungan stein með litlum krafti. Nú eru þessar vogarstangir oftast úr stáli og kallast *járnkarlar*.

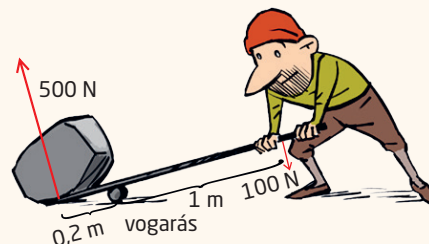
ITAREFNI

VOGARSTÖNGIN LYFTIR STEINI

Steinn vegur 50 kg. Það þarf því 500 N kraft til þess að lyfta honum.

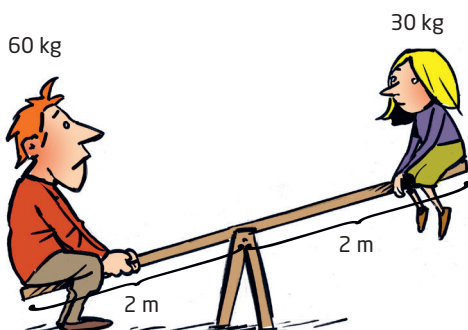
Við getum auðveldað okkur verkið með því að nota járnkarl.

Fjarlægðin frá vogarásnum að hendinni er fimmfalt lengri en fjarlægðin frá steininum að vogarásnum. Sá kraftur, sem við þurfum til þess að lyfta steininum, verður þá aðeins fimmti hlutinn af þyngd steinsins, með öðrum orðum 100 N ($500/5 = 100$) en sá kraftur mundi aðeins duga til að lyfta 10 kg með beinu átaki.

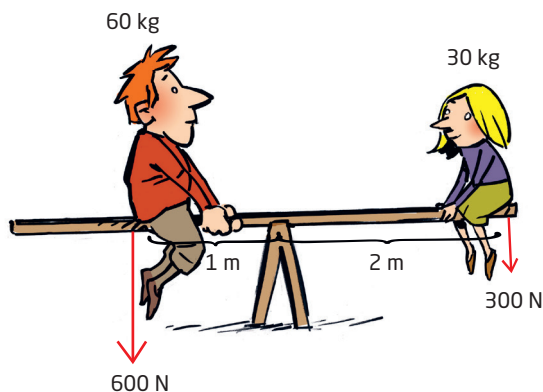


Vegasaltið er vogarstöng

Magnús er að vega salt með litlu systur sinni, Birtu. Fjölin hvílir á undirstöðu sem er fyrir miðju hennar og börnin sitja yst, hvort á sínum enda. Punkturinn, sem fjölin snýst um, nefnist vogarás. Magnús vegur 60 kg en Birta 30 kg. Vegna þess að Magnús er þyngri (600 N) en Birta (300 N) sigur vegasaltið hans megin. Ef Magnús færir sig á vegasaltinu þannig að armurinn hans megin verði helmingi styttri en hjá Birtu næst jafnvægi. *Vogararmur* Birtu er þá tvöfalt lengri en hjá Magnúsi og þess vegna jafnast þyngdarmunurinn á þeim systkinum út.



Vogararmar Magnúsar og Birtu eru báðir 2 m og jafnvægi næst ekki.



Hér er vogararmur Birtu tvöfalt lengri og það vegur upp á móti því að Magnús hefur tvöfalt meiri massa.



Við getum notað trissu með tveimur blökkum eða fleiri til að lyfta býsna þungum steini.

Steinum var lyft með trissum

Þegar grunnur Þingeyrakirkju hafði verið fullgerður var komið að því að raða saman steinum í veggina, stein fyrir stein. Steinhleðslan er gerð úr óreglulega löguðum steinum, misstórum. Menn höfðu höggvið steinana til með hömrum og meitlum. Minni steina mátti færa með járnkörslum og öðrum vogarstöngum. Stærstu steinarnir voru þó allt of þungir til þess að slíkar aðferðir dygðu. Þá notuðu menn *trissu* (talíu) sem eins konar lyftu. Trissa er hjól eða kerfi af hjólum sem bandi er brugðið um. Á myndinni eru tvær blakkir í trissunni. Hún tvöfaldar kraftinn og snýr stefnu hans við. Við getum sem sagt lyft tvöfalt meiri þyngd með sama krafti. Með því að nota fleiri hjól getum við margfaldað kraftinn enn frekar.

Skáborð

Steinarnir, sem notaðir voru í Þingeyrakirkju, voru þungir. Sleðar, sem uxum var beitt fyrir, voru notaðir til þess að færa þá að vetrarlagi frá grjótnámunni þvert yfir Hópið þegar það var ísilagt. Til að færa þá upp á við gátu verkamennirnir notað *skáborð* (einnig nefnt skáflötur). Það þarf minni kraft til að draga stein upp eftir hálu skáborði en til að lyfta honum beint upp. En vegalengdin, sem hann er þá dreginn eftir skáborðinu, verður lengri en ef honum er lyft beint upp. Skáborð er gott dæmi um eðlisfræðilega reglu sem nefnist *gullin regla aflfræðinnar*:

Það sem vinnst í krafti tapast í vegalengd.



Vinnan við að lyfta hlut um tiltekna hæð er hin sama hvort sem við notum bratt eða langt skáborð, trissu eða lyftu.

Skáborð er gott dæmi um gullnu regluna

Við notum oft skáborð til að lyfta þungum hlutum, til dæmis hlutum sem velta eða renna með litlum núningi. Því minni sem halli skáborðsins er þeim mun minni krafti þurfum við að beita en á móti kemur að skáborðið þarf þá að vera lengra til að ná sömu hæð. Eðlisfræðilega *vinnan* er hins vegar alltaf hin sama; hún ákvarðast eingöngu af hæðarmuninum. Við sjáum líka að þetta er eitt dæmið um gullnu regluna sem lýst var hér á undan.

Venjuleg skrífa er náskyld skáborðinu. Því færri sem gengjurnar eru á skrífunni þeim mun meiri verður hallinn á þeim og því meiri kraft þarf til þess að snúa skrífunni að öðru óbreyttu.

Hvað er vinna?

Þeir sem reistu steinbyggingar fyrri tíma urðu skiljanlega að leggja á sig mikla vinnu til þess að geta byggt húsin. Hversu mikla vinnu þurfti eiginlega til? Eðlisfræðingar hafa skilgreint hugtakið *eðlisfræðileg vinna* til þess að geta mælt ýmiss konar vinnu og borið hana saman við mismunandi aðstæður.

Í daglegu tali er orðið vinna notað um margt. Þegar þú ert að læra heima finnst þér örugglega að þú sért að leggja á þig vinnu. Þú gerir það að sjálfsgöðu líka en þetta er ekki vinna í eðlisfræðilegum skilningi. Hugtakið vinna, í eðlisfræðilegri merkingu, á aðeins við þegar krafti er beitt til þess að flytja hlut úr stað.



Ef maður stendur kyrr og heldur á steini framkvæmir hann enga vinnu í eðlisfræðilegri merkingu.

Það er ekki vinna að halda á steini

Hugsaðu þér að einn steinhleðslumannanna standi og haldi á stórum steini. *Þyngdarkrafturinn* togar steininn niður þannig að það er erfitt að halda á honum. En vegna þess að maðurinn lyftir steininum ekki og hreyfir sig raunar alls ekki þá framkvæmir hann enga vinnu og engin vinna er framkvæmd á steininn.

Þegar maðurinn gengur eftir láréttri jörðinni flytur hann steininn vissulega til en ekki gegn þyngdarkraftinum. Hann færir steininn til hliðar í lárétta stefnu en þyngdarkrafturinn beinist niður á við. Hann framkvæmir þess vegna enga vinnu. Ef hann leggur steininn hins vegar á jörðina eða lætur hann detta þá framkvæmir þyngdarkrafturinn vinnu því að steinninn færir þá í stefnu þess krafts.



Ef gengið er með steininn á láréttum fleti þarf ekki að yfirvinna neinn kraft. Þess vegna er engin vinna framkvæmd.

Þetta er vinna

Þegar hleðslumaðurinn kemur að skáborðinu þarf hann að bera steininn upp eftir því. Við þetta framkvæmir hann vinnu, þar eð hann færir sjálfan sig og steininn upp á við. Hann yfirvinnur þá þyngdarkraftinn.

Hann hefði líka framkvæmt vinnu ef hann hefði dregið steininn á eftir sér í bandi. Þá hefði hann þurft að yfirvinna *núningskraftinn* sem verkar milli undirlagsins og steinsins auk þess sem hann færir steininn ofar eins og áður.



Ef steinninn er dreginn eftir jörðinni þarf að yfirvinna núningskraftinn þegar steinninn er færður úr stað. Við þetta er vinna framkvæmd en hún getur hins vegar ekki skilað sér til baka eins og þegar við færum hlut upp eftir skáborði.



Ef steinninn er borinn upp eftir skáborði þarf að yfirvinna þyngdarkraftinn. Þá er vinna framkvæmd.

$vinna = kraftur \cdot vegalengd$

$$W = F \cdot s$$

Við getum reiknað vinnuna

Hér á undan höfum við lýst því hvað eðlisfræðileg vinna er. Með því að margfalda saman kraftinn sem beitt er og vegalengdina, sem hlutur færast til um í sömu stefnu, fáum við út hversu mikil eðlisfræðilega vinnan er. Hún er mæld í einingunni *njútonmetri*, táknað Nm. Bókstafirnir W , F og s eru alþjóðleg tákni (komin úr ensku) fyrir vinnu (W), kraft (F) og vegalengd (s).

DÆMI 1

Byggingaverkamaður lyftir steini 1,5 m beint upp. Steinninn vegur 10 kg. Hversu mikil vinna er framkvæmd?

Til að lyfta steininum þarf kraft sem nemur 100 N.

$$Vinna = 100 \text{ N} \cdot 1,5 \text{ m} = 150 \text{ Nm.}$$

SVAR: Vinnan er 150 Nm.



DÆMI 2

Verkamaður dregur stein eftir jörðinni á láréttum fleti. Krafturinn, sem hann þarf að beita til að draga steinninn, er 550 N. Hversu mikla vinnu hefur hann framkvæmt þegar hann hefur dregið steinninn 50 m?

$$Vinna = 550 \text{ N} \cdot 50 \text{ m} = 27\,500 \text{ Nm}$$

SVAR: Vinnan er 27 500 Nm.

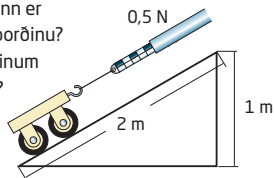


SIÁLFSPRÓF ÚR 4.1

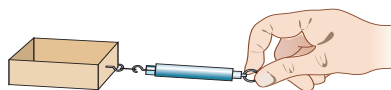
ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

- einföld vél
- gullin regla aflfræðinnar
- eðlisfræðileg vinna

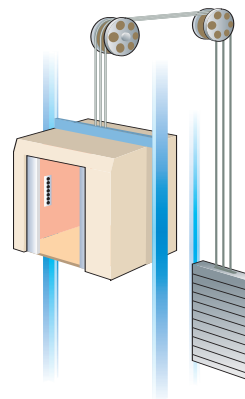
- Í hvaða tilvikki eða tilvikum hér á eftir er eðlisfræðileg vinna framkvæmd?
A Þegar við lyftum bókakassa.
B Þegar við höldum á handtösku með gulli í.
C Þegar við drögum sleða eftir ís.
- Nefndu dæmi um skáborð sem er notað í daglegu lífi.
- Nefndu dæmi um vogarstöng sem er notuð í daglegu lífi.
- Markús vegur 20 kg. Pabbi Markúsar lyftir honum 2 m beint upp í loftið.
a) Hversu miklum krafti þarf pabbi Markúsar að beita?
b) Hversu mikil er vinnan sem hann framkvæmir við þetta?
- Stefán er úti og gengur eftir láréttum vegi með tösku í hendi. Þyngd töskunnar er 120 N.
a) Hversu mikla vinnu hefur Stefán framkvæmt þegar hann hefur gengið 100 m eftir veginum?
b) Hversu mikla vinnu framkvæmir Stefán ef hann lyftir töskunni upp um 50 cm?
- a) Hversu mikil vinna er framkvæmd ef vagninn er dreginn á kraftmælinum upp eftir öllu skáborðinu?
b) Hversu mikil vinna er framkvæmd ef vagninum er lyft beint upp að efri enda skáborðsins?
c) Hver er massi vagnsins?



- Sara ætlar að vega salt með pabba sínum. Sara hefur massann 25 kg og situr í 3 m fjarlægð frá miðjunni. Pabbi hennar er 75 kg. Hversu langt frá miðjunni á hann að sitja til þess að jafnvægi náist?



- Kassi er dreginn gegn núningskrafti með kraftmæli 0,5 m eftir borði. Hversu mikil vinna er framkvæmd gegn núningskraftinum ef mælirinn sýnir 1,6 N?
- Í lyftu er yfirleitt mótvægi og það sést hér lengst til hægri á myndinni. Mótvægið vegur yfirleitt um það bil það sama og lyftan sjálf (lyftustóllinn). Hvaða gagn gerir mótvægið?





Aflfræðileg orka og afl

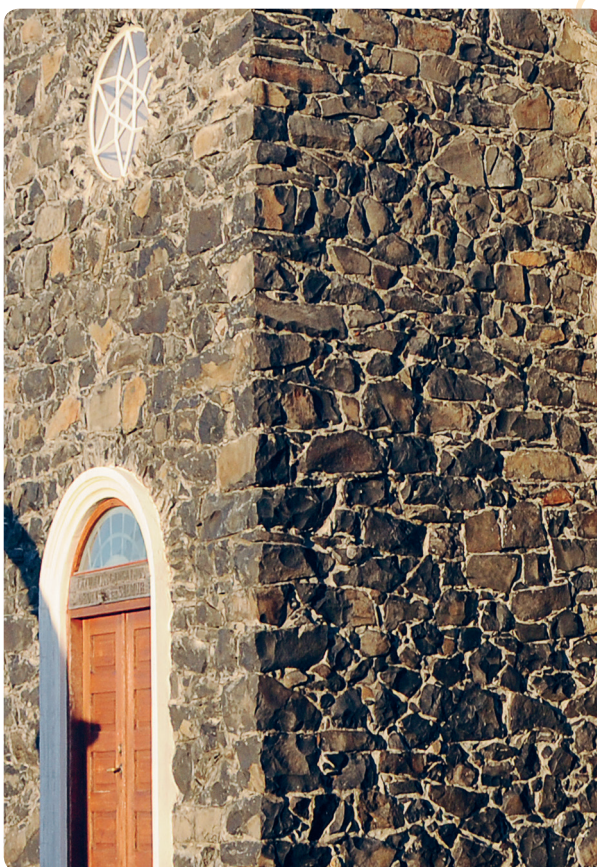
Sá sem hyggst kaupa skurðgröfu eða dráttarvél verður að vita hversu öflug vélin er. Nú á dögum er styrk véla lýst með hugtakinu afl. Ef vélin hefur ekki nægilegt afl skilar hún ekki hlutverki sínu sem skyldi. Við getum tilgreint afl véla á margan hátt. Algengt er að það sé tilgreint í hestöflum. Það er gamalt hugtak, komið frá þeim tímum þegar dráttarvélar og aðrar vinnuvélar voru ekki komnar til sögunnar.

Aflfræðileg orka er eitt margra orkuforma:

raforka
varmaorka
geislunarorka
efnaorka
aflfræðileg orka
stöðuorka
hreyfiorka
kjarnorka

Stöðuorka og hreyfiorka

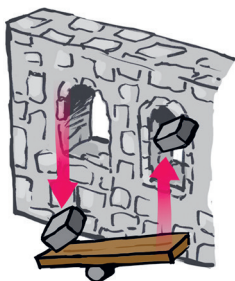
Þegar steini er lyft upp í vegg þar sem honum er ætlaður staður er framkvæmd eðlisfræðileg vinna. En hvað verður eiginlega um vinnuna? Svarið er að vinnan, sem framkvæmd var við verkið, varðveitist í steininum sem *stöðuorka*. Ef steini er sleppt úr þessari hæð dregur þyngdarkraftur jarðar hann niður aftur. Þá breytist stöðuorka steinsins í *hreyfiorku*. Þetta merkir að enn þann dag í dag býr stöðuorka í þeim steinum sem lyft var upp og komið fyrir í veggjum bygginga fyrri tíma.



Steinarnir í veggjunum búa yfir stöðuorku. Því hærra sem þeir sitja þeim mun meiri er stöðuorka þeirra. Ef steinn losnar og fellur niður breytist stöðuorka í hreyfiorku.



Pegar steinninn fellur úr veggnum breytist stöðuorka steinsins í hreyfiorku.



Pegar steinninn skellur á vegasaltinu framkvæmir hann vinnu og kastar hinum steininum upp í loftið.

Orku er hægt að breyta í vinnu

Við getum með einfaldri tilraun sýnt fram á að enn er stöðuorka varðveitt í steinum í hlöðnum veggjum Þingeyrakirkju. Við komum vegasalti fyrir uppi við vegginn og finnum tvo ámóta stóra steina. Við setjum annan steinninn á endann á vegasaltinu og látum hinn steinninn detta ofan af steinveggnum og niður á hinn enda vegasaltsins. Þegar steinninn skellur á vegasaltinu kastast steinninn á hinum endanum í loft upp í sömu hæð og hinn steinninn féll úr. Öll stöðuorka fallandi steinsins hefur flust yfir á hinn steinninn.

Tilraunin sýnir fram á að *orka* er geymd vinna. Eðlisfræðileg vinna er mæld í sömu einingu og orka, *njútonmetrum* (Nm). Annað heiti á sömu einingu er *júl* (J).

Stöðu- og hreyfiorka í klingjandi samhljómi

Þegar hringjari hringir kirkjuklukkum togar hann í strengi sem hanga niður úr klukkunum og þær sveiflast til. Hann framkvæmir við það vinnu. Því herra sem klukkurnar sveiflast þeim mun meiri verður stöðuorka þeirra. Þegar þær snúa við breytist *stöðuorka* klukkanna í *hreyfiorku*. Þegar klukkurnar hafa sveiflast alveg yfir á hina hliðina hefur hreyfiorkan breyst aftur í stöðuorku. Með þessu móti breytist orkan sífellt úr stöðuorku í hreyfiorku og öfugt. Þessar tvær myndir orkunnar kallast einu nafni *afþreðileg orka*. Jafnframt þessu skila klukkurnar frá sér orku með hljóðinu sem berst í allar áttir út frá þeim.

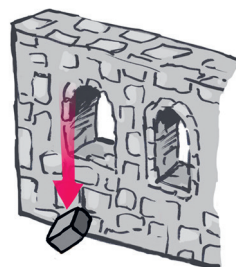
DÆMI 1

Steinn fellur niður af 2 m háum steinvegg. Steinninn vegur 3 kg. Hversu mikil er hreyfiorka steinsins þegar hann skellur á jörðinni?

Þyngd steinsins er 30 N. Það þýðir að stöðuorka steinsins uppi á veggnum er $30 \text{ N} \cdot 2 \text{ m} = 60 \text{ Nm} = 60 \text{ J}$.

Þegar steinninn skellur á jörðinni hefur öll stöðuorka hans breyst í hreyfiorku.

SVAR: Hreyfiorkan er 60 J þegar steinninn kemur niður.



Hvað er afl?

Ef sagt er um vél eins og bílvél að hún sé aflmikil er átt við að hún geti afkastað mikilli vinnu á stuttum tíma. Afl hefur líka skýra eðlisfræðilega merkingu. Afl er mælikvarði á það hversu hratt tiltekin vinna er unnin. Því skemmri tíma sem það tekur þeim mun meira er *aflíð*. Við reiknum afl með því að deila tímanum upp í vinnuna. Einingin fyrir afl er *júl á sekúndu* (J/s), því að við mælum vinnuna í júlum og tímann í sekúndum. Annað heiti á sömu einingu er *vatt* (W) og 1 J/s er það sama og 1 W.

Taktu vel eftir því að bókstafurinn *W* getur merkt tvennt, sem er dálítið ruglandi. Ef skrifað er skáletrað *W* er það tákn fyrir vinnu (dregið af enska orðinu „work“). Bókstafurinn *W* með beinu letri er hins vegar skammstöfun fyrir eininguna vatt (watt á ensku). Þetta er eins og að skáletrað *s* þýðir vegalengd en *s* án skáletrunar þýðir sekúnda. Bókstafurinn *P* í jöfnunni hér til hliðar er stytting fyrir enska orðið „power“ sem þýðir afl.

$$afl = \frac{vinna}{tími}$$

$$P = \frac{W}{t}$$

Vinna á tímaeiningu

Steinsmiðurinn dregur upp stein í kirkjuvegginn og notar til þess trissu. Hann togar steininn beint upp. Steinninn endar í þriggja metra hæð í veggnum og það þarf 500 N kraft til þess að draga steininn upp. Vinnan, sem hann framkvæmir, er $500 \text{ N} \cdot 3 \text{ m} = 1500 \text{ Nm} = 1500 \text{ J}$.

Vinnan við að lyfta steininum er 1500 J og skiptir þá engu máli hversu langan tíma verkið tekur. Ef hann nær að draga steininn upp á 15 sekúndum verður vinnan á sekúndu $1500 \text{ J}/(15 \text{ s}) = 100 \text{ J/s}$. Aflíð er þá 100 J/s, eða 100 W. Ef verkamaðurinn er hins vegar bara 10 sekúndur að draga steininn upp verður aflíð $1500 \text{ J}/(10 \text{ s}) = 150 \text{ J/s} = 150 \text{ W}$.



Því hraðar sem verkamaðurinn dregur steininn upp þeim mun meira verður aflíð.

SAGNFRÆÐI

HVAÐ ER HESTAFL?

James Watt var Skoti sem var uppi á árunum 1736–1819. Hann er talinn hafa fundið upp gufuvélina. Til heiðurs honum hafa menn ákveðið að nota eftirnafn hans, Watt, skammstafað W, sem heiti á einingunni fyrir afl. Við umritum það á íslensku og tölum um vatt og vött.

James Watt notaði hins vegar aðra einingu fyrir afl, hestaflíð. Við heyrum enn í dag oft talað um hestöfl þegar rætt er um vélarafl bíla, mótorhjóla og bátavéla. Eitt hestafl jafngildir 736 W. Það er afluð sem þarf til þess að lyfta 73,6 kg þungum steini beint upp einn metra á einni sekúndu.

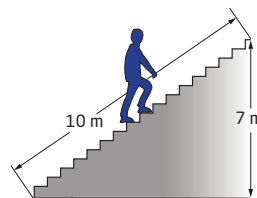


SJALFSPRÓF UR 4.2

ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

• stöðuorka • hreyfiorka • aflfræðileg orka • afl

- Í hvaða einingu mælum við
a) kraft b) vinnu c) orka d) afl
- Inga sparkar bolta beint upp í loftið. Eftir svolitla stund snýr hann við og fellur aftur til jarðar. Hvers konar orku býr boltinn yfir þegar hann
a) losnar frá fætinum
b) snýr við
c) hefur fallið hálfa leið niður
- Kassa, sem vegur 6 kg, er lyft 2 m beint upp.
a) Hversu mikinn kraft þarf til þess að lyfta kassanum?
b) Hversu mikil vinna er framkvæmd?
c) Hversu mikla stöðuorku fær kassinn?
- Hvert er afluð ef vinna, sem nemur 450 J, er framkvæmd á 2 s?
- Strákurinn, sem gengur upp stigann, hefur massann 40 kg.
a) Hver er þyngd stráksins?
b) Hversu mikla vinnu framkvæmir strákurinn gegn þyngdarkraftinum þegar hann gengur upp stigann?
c) Strákurinn fer upp stigann á 5 s. Hversu mikið er afluð?
- Marta ber heim 15 kg af matvörum upp á aðra hæð í háhýsi. Hver hæð er 3 m há og Marta er 45 kg. Hversu mikið er afluð ef Marta er 1 mínútu að ganga upp í íbúðina sína?
- Poki með blýhögglum vegur 800 g. Pokanum er lyft 2 m beint upp og er síðan sleppt. Hversu mikla stöðuorku og hversu mikla hreyfiorku hefur pokinn þegar hann hefur fallið 25% af vegalengdinni?
- Bíl er ekið með hraðanum 72 km/h upp brekku. Bíllinn vegur 1,2 tonn og halli brekkunnar er 1:5. Það þýðir að bíllinn hækkar um 1 metra fyrir hverja fimm metra sem hann ekur upp brekkuna.
a) Hversu mikið hækkar bíllinn sig á hverri sekúndu?
b) Hversu mikið er afluð sem þarf til að auka hæð bílsins?





Raforka og afl



Ísskápur notar að meðaltali um 900 kWh á ári og þvottavél notar um 3 kWh í hverjum þvotti. Til þess að geta sparað fé og stuðlað að því að loftslagsbreytingar verði sem minnstar er mikilvægt að átta sig á því hversu mikla orku við notum í hversdaglegum störfum. Þegar við kaupum ný heimilistæki er líklegt að við höfum í huga við endanlegt val hversu mikla orku tækin nota. Það verkar svo aftur sem hvatning á framleiðendur að smíða ný og sparneytnari tæki sem nýta orkuna betur. Við ættum því öll að gera okkur skýra grein fyrir orkunotkun okkar því að þannig spörum við fé og stuðlum að sjálfbærni. Við þurfum ekki annað en að skilja muninn á orku og afl og vera svo auk þess svolítið forvitin.

Raforka er eitt margra orkuforma:

raforka

varmaorka
geislunarorka
efnaorka
aflfræðileg orka
stöðuorka
heyfiorka
kjarnorka



Raforka knýr öll raftæki

Listinn yfir raftæki getur nánast orðið óendanlega langur. Engu að síður eigum við erfitt með að skilja hvað raforka er í raun og veru. Hversu mikla orku þarf til dæmis til þess að hita vatn í te?

Þegar rafeindir færast eftir rafmagnssnúrunni til hraðsuðuketilsins er það rafspennan í raflögninni sem knýr þær áfram. Við getum sagt að spennan framkvæmi vinnu þegar hún færir rafeindir eftir snúrunni. Þegar spennan framkvæmir vinnu þarf tiltekna *raforku* til þess. Við getum mælt orkuna í júlum (J), rétt eins og þegar við lyftum steini. *Rafafl* snýst um það hversu margar rafeindir færast eftir snúrunni á hverri sekúndu vegna áhrifa spennunnar. Því fleiri rafeindir sem færast úr stað þeim mun meira verður aflíð.



Við þurfum að gera okkur grein fyrir því hversu mikla orku við notum, bæði til þess að spara fé og til að stuðla að sjálfbærni.

$$\text{orka} = \text{afl} \cdot \text{tími}$$

$$W = P \cdot t$$



Við þurfum raforku til þess að hita vatn í te.

Hversu mikla orku notar hraðsuðuketill?

Á flestum raftækjum er lítið merki með tæknilegum upplýsingum. Á hraðsuðukatli getur til dæmis staðið talan 2200 W. Það merkir að afl ketilsins er 2200 vött (W) þegar kveikt er á honum. Vatt er það sama og júl á sekúndu. Þess vegna getum við líka sagt að aflið sé 2200 J/s.

Hraðsuðuketillinn þarf raforku til þess að hita vatnið. Þessi ketill notar 2200 J af raforku á hverri sekúndu. Það merkir að á tveimur sekúndum notar hann 4400 J, 6600 J á þremur sekúndum og svo framvegis.

Við getum reiknað út hversu mikla *raforku* hraðsuðuketillinn notar með því að margfalda aflið með tímanum. Ef það tekur ketillinn þrjár mínútur (180 s) að ná upp suðu í vatninu verður orkunotkunin þessi: $2200 \text{ W} \cdot 180 \text{ s} = 396\,000 \text{ J} = 396 \text{ kJ}$.

Raforka er yfirleitt mæld í kílóvattstundum

Eitt júl er mjög lítil raforka. Eitt júl nægir nokkurn veginn til að láta vasaljós lýsa í hálfa sekúndu. Við þurfum um það bil 400 000 J til þess að hita einn lítra af vatni í hraðsuðukatlinum. Einingin júl er því óheppileg til að lýsa algengri raforkunotkun. Þá er betra að gefa upp aflið í *kílóvöttum* (kW) og tímann í klukkustundum (h). Þannig fáum við orkuna í *kílóvattstundum* (kWh). Ef tæki sem hefur aflið $1000 \text{ W} = 1 \text{ kW}$ gengur í eina klukkustund notar það eina kílóvattstund ($1 \text{ kW} \cdot 1 \text{ h} = 1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3\,600\,000 \text{ Ws} = 3600 \text{ kJ}$).

DÆMI 1

Hvað kostar að þvo einn þvott í þvottavél ef raforkuverðið er 15 kr. á hverja kílóvattstund (15 kr./kWh)? Afl þvottavélarinnar er 3000 W og þvottatíminn er tvær klukkustundir.

Orkan, sem þvottavélin notar við þvottinn er $3 \text{ kW} \cdot 2 \text{ h} = 6 \text{ kWh}$.

Kostnaðurinn verður þá $6 \cdot 15 \text{ kr.} = 90 \text{ kr.}$

SVAR: Það kostar 90 kr. að þvo einn þvott í þvottavél.

DÆMI 2

Hvað kostar að sjóða einn lítra af vatni í hraðsuðukatli sem hefur aflið 2200 W? Suðan kemur upp í vatninu eftir 3 mín. og raforkuverðið er 15 kr./kWh.

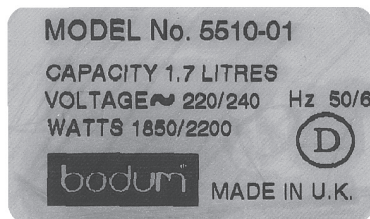
Tíminn, sem þarf til að sjóða vatnið, er

$$3 \text{ mín.} = \frac{3}{60} \text{ h} = 0,05 \text{ h.}$$

Orkan, sem ketillinn notar til að ná upp suðunni, er þá $2,2 \text{ kW} \cdot 0,05 \text{ h} = 0,11 \text{ kWh}$.

Kostnaðurinn verður þá $0,1 \cdot 15 \text{ kr.} = 1,5 \text{ kr.}$

SVAR: Það kostar eina krónu og fimmtíu auru, 1,5 kr., að sjóða einn lítra af vatni.



Förum vel með peninga og umhverfi

Verð á raforku er breytilegt eftir því hver selur rafmagnið. Á Íslandi er innan við tugur fyrirtækja sem selur raforku. Öll fyrirtækin selja orkuna á svipuðu verði, kringum 15 kr. hverja kílóvattstund, með sköttum og dreifingarkostnaði. Raforkuverðið hefur hækkað hér síðustu ár og sama þróun hefur verið í nálægum löndum. Orkuverð þar er þó yfirleitt mun hærri en hér og er til dæmis nálægt 35 kr. á kílóvattstund í Svíþjóð og um 48 kr. í Danmörku.

Hér á undan reiknuðum við út að það kostar um það bil 1,5 kr. að hita tevatnið í hraðsuðukatli. Það virðist ekki vera svo ýkja dýrt. En hver íslensk fjölskylda notar að meðaltali um 5000 kWh á ári. Ef raforkan kostar 15 kr. hver kílóvattstund verður rafmagnskostnaðurinn hjá hverri fjölskyldu frá um 75 000 kr. á ári.

Í hverri íbúð eða húsi er *rafmagnsmælir* sem sýnir hversu mikla raforku heimilið notar. Ef fólk gætir þess að kaupa tæki sem nota litla orku, eyða ekki rafmagni að óþörfu og kaupa raforkuna hjá þeim seljanda sem selur hana á lægsta verði er hægt að spara bæði peninga og stuðla að því að vernda náttúruna.

Lögmálið um afl og lögmál Ohms

Við getum reiknað út hversu sterkur straumurinn er í straumrás með því að nýta okkur vensl sem kallast *lögmálið um afl*. Samkvæmt lögmálinu er aflíð í vöttum jafnt og spennan í voltum, margfölduð með strauminum í amperum.

DÆMI 1

Hversu sterkur straumur fer gegnum hraðsuðuketil sem hefur aflíð 2100 W ef við tengjum ketilinn við 230 V?

Vegna þess að $P = U \cdot I$ verður

$$I = \frac{P}{U}$$

$$I = \frac{2100}{230} \text{ A} \approx 9,1 \text{ A}$$

SVAR: Straumurinn er 9,1 A.



DÆMI 2

Hversu mikið er viðnámið í sléttujárni sem hefur aflíð 50 W?

Spennan er 230 V og straumurinn er

$$I = \frac{50}{230} \text{ A} \approx 0,22 \text{ A}$$

Vegna þess að $U = R \cdot I$ verður

$$R = \frac{U}{I}$$

$$R = \frac{230}{0,22} \Omega \approx 1045 \Omega$$

SVAR: Viðnámið er 1045 óm.



Lögmálið um afl

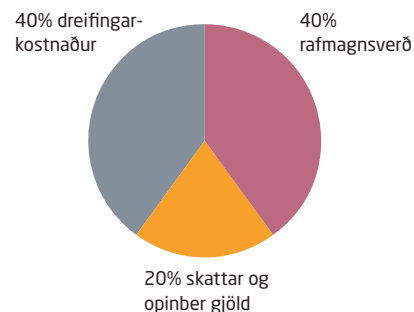
$$\text{afl} = \text{spenna} \cdot \text{straumur}$$

$$P = U \cdot I$$

Lögmál Ohms

$$\text{spenna} = \text{viðnám} \cdot \text{straumur}$$

$$U = R \cdot I$$



Raforkuverðið er sett saman úr þremur þáttum: um 40% eru verðið fyrir orkuna sjálfa, um 20% eru skattar og opinber gjöld og um 40% eru vegna dreifingar orkunnar.



Ef við tengjum ryksugu eða annað tæki við tengil sem er þegar tengdur við mörg önnur tæki getur öryggið slegið út.

Hvenær slær öryggið út?

Ef við tengjum of mörg tæki við einn og sama tengil eða sömu grein í rafkerfi heimilisins slær öryggið út. Öryggið, eða *sjálfvarið* eins og það nefnist líka, rýfur strauminn þegar hann verður meiri en rafleiðslurnar þola. Þá er *álagið* orðið of mikið.

Við getum reiknað út hversu mörg tæki má tengja við hverja grein í rafkerfinu. Hugsum okkur að í 230 volta lögn með tengli sé 10 A öryggi. Mesta afl, sem taka má út úr tenglinum, er þá $230 \text{ V} \cdot 10 \text{ A} = 2300 \text{ W}$.

Við getum þá til dæmis tengt við tengilinn straujárn, sem tekur 1100 W, sjónvarp, sem tekur 300 W og örbylgjuofn, sem tekur 700 W, án þess að öryggið slái út þegar kveikt er á öllum þremur tækjunum. Þó munar litlu að álagið verði of mikið. Samanlagt aflið er 2100 W ($1100 + 300 + 700 = 2100$) og öryggið þolir bara 2200 W. Ef við tengjum enn eitt tæki við, til dæmis ryksugu, slær öryggið út.

Öryggi getur líka slegið út ef *skammhlaup* verður. Það getur til dæmis gerst ef einangrun á rafleiðslum skemmist þannig að vírarnir snerti hver annan.

SJÁLFSPRÓF UR 4.3

ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

• kílóvatt • kílóvattstund • lögmálið um afl • of mikið álag • skammhlaup

- Í hvaða einingu mælum við
 - spennu?
 - straum?
 - viðnám?
- Hárpurrka hefur aflið 1500 W. Skrifðu aflið í kílóvöttum (kW).
- Þvottavél hefur aflið 2,5 kW og er látin þvo í tvær klukkustundir. Hversu mikla orku hefur hún notað?
- Tveir lampar eru tengdir við tengil. Annar hefur aflið 5 W og hinn 15 W.
 - Gegnum hvorn lampann fer sterkari straumur?
 - Hvers vegna?
- Við tengjum 10 W lampa við 230 V tengil. Hversu mikla orku notar lampinn ef hann lýsir í 6 h?
- Lampi er tengdur við straumgjafa. Spennan er 40 V og straumurinn 0,8 A. Reiknaðu út aflið og viðnámið.
- Hversu mikill straumur fer gegnum 12 W lampa sem er tengdur við 230 V? Námunðu að hundraðasta hluta.
- Rafmagnshitari er settur í samband við tengil með 230 volta spennu. Viðnám hitarans er 100 Ω . Hvert er afl hitarans? Gefðu aflið upp í vöttum og námunðu að tug.
- Hvað heldur þú að gerist ef við raðtengjum litla peru, sem er 3,5 volt og 0,6 vött, og 40 vatta peru við vegg tengil með 230 V spennu?

Í BRENNIDEPLI

ORKUFRAMLEIÐSLA OG UMHVERFI

Græn orka

Í löndum Evrópusambandsins hafa verið sett lög sem skylda alla notendur raforku til að kaupa að ákveðnum hluta raforku sem er framleidd með endurnýjanlegum orkugjöfum. Þessi lög gilda nú einnig hér á landi en þau skapa engan vanda fyrir okkur vegna þess að nánast öll raforka hér er framleidd með endurnýjanlegum orkugjöfum og það köllum við grænt rafmagn. Þessu er alls ekki svo háttað í nálægum löndum. Við nýtum enn fremur jarðhita til að hita níu af hverjum tíu húsum landsmanna. Við þyrftum að flytja inn 800 000 tonn af olíu til að hita þessi hús, ef jarðhitans nyti ekki við. Sú olía myndi kosta um 50 milljarða króna.

TIL UMRÆÐU

- Hvaða orkugjafar heldur þú að teljist grænir?
- Er það heppilegt eða ekki að skylda alla til að kaupa ákveðinn hluta af grænni orku?
- Eigum við hér á Íslandi að framleiða meiri orku en við þurfum sjálf að nota?
- Notum við Íslendingar eingöngu græna orku? Ef ekki, á hvaða sviðum þurfum við að bæta okkur?

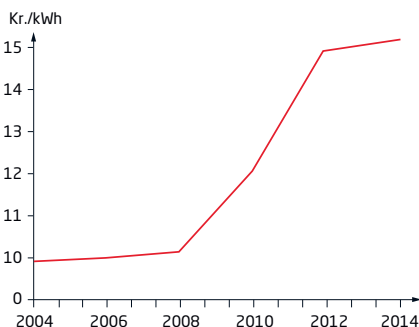
Getum við selt orku til annarra landa?

Um margra ára skeið hefur verið áhugi á því að kanna hvort gerlegt og hagkvæmt væri að leggja rafstreng til Bretlandseyja eða meginlands Evrópu og selja raforku þangað, í stað þess að selja hana fyrst og fremst til stóriðju hér á landi. Forstjóri Landsvirkjunar fullyrkti í ræðu árið 2014 að þetta gæti stórukið þjóðartekjur Íslendinga ef það yrði að veruleika. Rafstrengurinn yrði sá lengsti sem nokkru sinni hefur verið lagður í sjó, allt að 1600 km langur, og gæti flutt orku til allt að 5 milljóna heimila. Við gætum séð öðrum löndum í Evrópu fyrir grænni orku en mörg landanna framleiða orku með jarðefnaeldsneyti á borð við kol, olíu eða jarðgas, sem stuðlar að loftslagsbreytingum. Jafnframt gæti sæstrengurinn flutt orku til okkar ef á þarf að halda. Menn hafa hins vegar bent á að hætta sé á að raforkuverð innanlands mundi hækka ef orka verður seld til annarra landa. Sú þróun varð á Norðurlöndunum þegar stofnaður var sameiginlegur orkumarkaður sem átti að stuðla að lækkuðu orkuverði. Niðurstaðan varð þvert á móti sú að orkuverð hækkaði.

TIL UMRÆÐU

- Er það góð hugmynd að selja raforku til annarra landa?
- Ef af því yrði þyrfti að virkja á mun fleiri stöðum en nú hefur verið gert. Hversu langt megum við ganga í að raska umhverfinu og náttúrunni?
- Heldur þú að hætta sé á því að raforkuverð myndi hækka ef af þessu yrði?
- Á að greiða gjald til þjóðarinnar fyrir nýtingu náttúruauðlindanna?

Verð á raforku til heimilisnota



SAMANTÉKT

4.1

Eðlisfræðileg vinna

- Vinna er framkvæmd þegar við yfirvinnnum kraft og færum hlut um tiltekna vegalengd.
- Vinna er reiknuð út sem hér segir:
$$\text{Vinna} = \text{kraftur} \cdot \text{vegalengd} \quad W = F \cdot s$$
- Vinna er mæld í *njútonmetrum* (Nm) eða júlum (J).
- Gullin regla aflfræðinnar:
Það sem vinnst í krafti tapast í vegalengd.
- Við beitum gullnu reglu aflfræðinnar þegar við notum skáborð og vogarstöng.



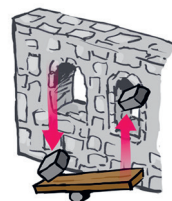
Járnkarl er vogarstöng.

4.2

Aflfræðileg orka og afl

- Við getum sagt að *orka* sé geymd vinna; orka gerir okkur kleift að framkvæma vinnu. Orka er mæld í *júlum* (J) eða *njútonmetrum* (Nm).
- Ef við lyftum steini framkvæmum við vinnu. Vinnan varðveitist sem *stöðuorka* í steininum. Það ræðst af því hversu hátt steininum var lyft og hversu þungur hann er hve mikil stöðuorka hans verður. Ef við látum steininn falla til jarðar breytist stöðuorka hans í *hreyfiorku*.
- Stöðuorka og hreyfiorka kallast einu nafni *aflfræðileg orka*.
- Hugtakið *afl* merkir hversu mikil vinna er unnin á sekúndu.
- Afl er mælt í *júlum á sekúndu* (J/s) eða í vöttum (W).
 $1 \text{ J/s} = 1 \text{ W}$.
- Afl er reiknað með því að deila tímanum í sekúndum upp í vinnuna í júlum.

$$\text{afl} = \frac{\text{vinna}}{\text{tími}} \quad P = \frac{W}{t}$$



Orka er geymd vinna.



Afl er vinna á tímaeiningu.

4.3

Raforka og afl

- Ef við margföldum afl (í kílóvöttum) með tímanum í klukkustundum (h) fáum við út orkuna í *kílóvattstundum* (kWh).
$$\text{orka} = \text{afl} \cdot \text{tími} \quad W = P \cdot t$$
- Lögmál Ohms: $\text{spenna} = \text{viðnám} \cdot \text{straumur} \quad U = R \cdot I$
- Við getum reiknað hversu mikið afl tæki hefur með því að margfalda spennuna (í voltum) með straumnum (í amperum).
Lögmálið um afl: $\text{afl} = \text{spenna} \cdot \text{straumur} \quad P = U \cdot I$
- Ef við tengjum of mörg tæki við sama tengil slær öryggið út. Það stafar af því að straumurinn verður sterkari en öryggið þolir. Þá er talað um að of mikið *álag* sé á raflögninni.



Raforka er mæld í kWh.

LOKAHNYKKURINN

1

Tengdu hugtökin til vinstri við lýsingarnar til hægri.

- | | |
|--------------------|------------------------------------|
| 1 Vogarstöng | A $Afl = spennu \cdot straumur$ |
| 2 Júl | B Mælist oft í júlum |
| 3 Vatt | C Stöðuorka og hreyfiorka |
| 4 Lögmál Ohms | D Mælist oft í kílóvöttum |
| 5 Lögmálið um afl | E Einföld vél |
| 6 Aflfræðileg orka | F $Spenna = viðnám \cdot straumur$ |
| 7 Orka | G Júl á sekúndu |
| 8 Afl | H Njútonmetri |

2

Jensína og Andrés eru stödd við rætur fjalls og ætla að ganga upp á tindinn. Bæði vega þau 60 kg og hækkunin í göngunni er 500 m. Jensína gengur beint upp fjallið en Andrés fer í krákustígum. Hvort þeirra framkvæmir meiri vinnu við gönguna á tindinn? Hversu mikla vinnu framkvæma þau? Krákustígurinn er dæmi um einfalda vél. Hvaða vél er það?

3

Hver eða hvert þeirra notar hugtakið orka eins og gert er í eðlisfræði?

Mér finnst ég vera fullur orku í dag.

A



Í þessum hamborgara er heilmikil orka.

B



Með jákvæðri orku get ég framkvæmt nánast hvað sem er.

C



Ef ég lyfti steini fær hann orku.

D



4

Á peru stendur: 230 V og 15 W. Hvað lest þú út úr þessum upplýsingum.

5

Sérhver þessara hluta er dæmi um tiltekna tegund einfaldrar véla. Hvaða tegund er það?

- a) járnkarl b) krákustígur í fjallshlíð c) skrúfa d) töng

6

Segja má að stöðuorka sé geymd orka sem hlutur býr yfir vegna stöðu sinnar en þessi orka getur verið margs konar. Hver eða hverjir af eftirfarandi hlutum eru dæmi um hluti með stöðuorku?

- A: Strekkt teygja B: Rafhlaða C: Dýnamít D: Spennit fjöður

7

Raforka er nokkuð stór liður í heimilishaldinu hjá flestum. Nefndu eins mörg dæmi og þú getur þar sem minnka má notkun raforku á heimili þínu.

Töflur

1. Eiginleikar fastra efna

EFNI	EÐLISMASSI (g/cm³)	BRÆÐSLU-	VARMARÝMD (J/g · gráða)	BRÆÐSLU-	VIÐNÁM (Ωmm²/m)	LENGING (mm)
		MARK (°C)		VARMI (J/g)		1 m LANGRAR STANGAR VIÐ 1° HÆKKUN Á HITA
Ál	2,7	660	0,9	390	0,028	0,024
Steinsteypa	–	–	0,92	–	–	0,012
Blý	11,3	328	0,13	25	0,22	0,029
Demantur	3,5	3600	0,49	17000	–	0,0013
Gler	2,5	–	0,84	–	–	0,008
Gull	19,3	1064	0,13	66	0,024	0,014
Ís	0,92	0	2,2	333	–	0,05
Járn	7,9	1535	0,45	276	0,105	0,012
Kopar	9	1083	0,39	205	0,017	0,016
Messing	8,4	1188	0,38	–	–	0,021
Platína	21,4	1772	0,13	110	0,108	0,009
Sílfur	10,5	961	0,23	105	0,016	0,019
Tin	7,3	232	0,23	59	0,115	0,027
Úran	18,9	1132	0,12	85	0,22	0,013
Volfram	19,3	3410	0,13	200	0,056	0,0043
Sink	7,1	420	0,39	112	0,058	0,026

2. Eiginleikar vökva

EFNI	EÐLISMASSI (g/cm³)	SUÐUMARK (°C)	VARMARÝMD (J/g · gráða)	UPPGUFUNARVARMI (J/g)
Etanól	0,79	79	2,43	841
Kvikasilfur	13,6	357	0,14	301
Brennisteinssýra	1,85	326	1,38	511
Terpentína	0,84	180	1,75	293
Vatn	1	100	4,18	2260

Atriðisorðaskrá

A

aðdráttarafli 13
afl 99
affræðileg orka 98
Arkímedes 45

B

bakvaf 83
Blaise Pascal 40

D

dýnamór 80

E

eðlisfræðileg vinna 95
eðlismassi 43
efnismagn 14
einfaldr vélar 92
Evangelista Torricelli 48

F

fall 23
forvaf 83
Frimann B. Arngrímsson 82
frjálst fall 22

G

Galíleó Galíleí 22
Georg Simon Ohm 62
gervihnöttur 25
grunnflötur 19
gullin regla affræðinnar 94

H

Hans Christian Ørsted 70
heimskautiljós 69
hektópaskal 49
hraðaaukning 9
hraðaminnkun 9
hreyfing 8
hreyfiorka 78, 79, 97
hringhreyfing 28
hröðun 9

I

Isaac Newton 6, 14

J

jafnstraumur 79
James Watt 100
járnkarl 92
Jóhannes J. Reykdal 82
júl 98
júl á sekúndu 99
jöfn hreyfing 9

K

kasthreyfing 24
kilóvatt 102
kilóvattstund 102
kjarnorkuver 81
kraftmælir 13
kraftur 12
kúlulegur 17

L

lofthjúpur 48
loftmótstaða 22
lofttæmi 22
loftvog 49
loftþrýstingur 48
lóð 19
lóðlína 19
lóðrétt 19
lyftikraftur 45
lögmál Arkímedesar 45
lögmál Ohms 62
lögmálið um afl 103

M

massamiðja 18
massi 14
meðalhraði 10
miðflóttakraftur 28
miðsóknarkraftur 28
millibar 49
millimetri kvikasílfurs 49
mótkraftur 15

N

njúton 13
njúton á fermetra 40
njútonmetri 96
norðurljós 69
norðurskaut 66
núningskraftur 22, 95
núningur 16

O

ofurleiðni 63
Orville Wright 50
Otto Von Guericke 52

Ó

ójöfn hreyfing 9
óm 62

P

paskal 40

R

rafafi 101
rafall 79
rafleiðari 61
rafmagnsmælir 103
rafmótor 77
raforka 78, 79, 101

rafsegull 71
rafspenna 60
rafstraumur 60
riðstraumur 79

S

sameind 22
samgangsker 46
Samuel F.B. Morse 72
segulhrif 68
segull 66
segullínur 68
segulljós 69
segulmagn 65
segulskekkja 67
segulsvið 68
sjálfvar 104
skammhlaup 104
skáborð 94
skeifusegull 77
span 78
spanstaumur 78
spennubreytir 83
spóla 71
staðalloftþrýstingur 49
Stærðfræðilögmál náttúruspekinnar 6
stöðuorka 97
suðurljós 69
suðurskaut 66

T

tregða 26
trissa 94

U

undirþrýstingur 52

V

varmaorkuver 81
vatnsgeymir 46
vatnsorkuver 81
vatt 99
viðnám 61
vinding 28
vindmylla 81
vogararmar 93
vogarás 92
vogarstöng 92

Y

yfirþrýstingur 51

P

Pingeyrakirkja 92
þrýstimælir 44
þrýstingur 38, 51
þumalfingursregla 71
þyngd 14, 43
þyngdarkraftur 13, 95
þyngdarleysi 14
þyngdarpunktur 18

Rétthafar myndefnis

2004 LuABB 85

Aj Photo/Science Photo Library/IBL 53 (2)

Áke Erlandsson/SVT/Scanpix 30 (1)

Allatka 73

Anders Karlsson 39 (2)

Anna Yu/Photographer's Choice/Getty Images 34 (3), 56 (4), 107 (4)

APL/Nordic Photos 28 (1)

Bengt Nordström/Saab/Scanpix 27

Charles D. Winters/Photoresearchers/Getty Images 66 (2)

Chris Clinton/Stone/Getty Images 91 (2)

Christopher Kimmel/Flickr/Getty Images 36

Comstock Images/Getty Images 60

Conny Welén 50 (2)

Crackphotos/Scanpix 31 (1)

Dale Wilson/Photographer's choice/Getty Images 105

Diamond Sky Images/Photodisc/Getty Images 51

Edite Artmann/IBL 81

Ewa Ahlin/Johner/Getty Images 13

Fabrice Coffrini/AFP/Scanpix 9 (2)

Flickr/Getty Images 58

Frank May/DPA/Scanpix 80

Fstop Images/Getty Images 31 (2)

Ghiotti/Stone+/Getty Images 75

Giorgio Fochesato/Vetta/Getty Images 90

Hálfðan Ómar Hálfðanarson 8

Helene Rogers/IBL 89

Jack Mikrut/Scanpix 11 (2)

Jake Warga/Corbis/Scanpix 50 (1)

Jakob Helbig/Cultura/Getty Images 91 (1)

Jan Greune/LOOK/IBL 67 (2)

Jessica Gow/Scanpix 22, 79 (2)

Joel Sedmak/IBL 37 (1)

Johanna Hanno/Bildhuset/Scanpix 34 (2), 56 (1), 107 (1)

John Giles/PA Wire/Scanpix 12

Johner/Getty Images 101

Liber myndasafn 78

Ljósmyndasafn Reykjavíkur/Ólafur Magnússon 82

Marc Mueller/DPA/Scanpix 18

Marcel Weber/Cultura/Getty Images 10

Martin Bobrovsky/IBL 40 (1)

Mary Evans Picture Library/IBL 49

Mats Landerberg/IBL 74 (1)

Maurizio Gambarini/DPA/Scanpix 16 (1)

Námsgagnastofnun/Eiríkur Grímsson 97

Námsgagnastofnun/Tryggvi Jakobsson 37 (2)

Oliver Killig/DPA/Scanpix 41 (2)

Pär Eliasson/Scanpix 11 (1)

Pascal Broze/Reporter/Scanpix 28 (2)

Philip Shearer/AP/Scanpix 43 (2)

Photoresearchers/IBL 64

Roger Charity/Photonica/Getty Images 45 (1)

Roger Schederin/Scanpix 16 (2)

Sami Sarkis/Photographer's choice/Getty Images 54

Sascha Schuermann/AFP/Scanpix 61 (1)

Science Photo Library/IBL 62, 70, 72 (1)

Sheila Terry/Science Photo Library/IBL 72 (2)

Shout/Rex Features/IBL 67 (1)

Shutterstock 6, 7 (1, 2, 3), 9 (3), 11 (3), 17 (2), 30 (2), 34 (1,4), 35 (2,3),
40 (2), 41 (1), 42, 43 (1), 44 (1,2), 53 (1), 56 (3), 59 (1), 61 (2), 65, 66
(1), 69, 76, 79 (1), 83, 88 (1,3,4), 92, 100, 102, 103 (1,2), 107 (3)

Stefan Bennhage/Scanpix 38

Sven Hoppe/DPA/Scanpix 21

Sören Wibeck/IBL 65 (1)

Val Thoermer/Imagebroker/Getty Images 35 (1)

Vattenfall 59 (2)

Visual7/Getty Images 57

TIL NEMANDA

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

[illegible]

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



EDLISFRÆÐI 2

Eðlisfræði 2 er í flokki kennslubóka í náttúrugreinum, sem kallast Litróf náttúrunnar. Efnið er ætlað efstu bekkjum grunnskóla.

Bókin skiptist í fjóra meginkafla sem hver um sig greinist í nokkra undirkafla. Í fyrsta kafla er fjallað um krafta og hreyfingu en í öðrum kafla um þrýsting í föstum efnum, vökvum og loftegundum. Þriðji kafla fjallar um rafmagn og segulmagn og sá fjórði um orku og aflfræði, meðal annars einfaldar vélar, raforku og rafafl. Hver kafla hefst á opnu með stuttum inngangi og myndum, markmiðum kaflans og nánara efnisyfirliti. Í sérstökum rammaklausum er ítarefni, meðal annars úr sögu vísindanna, og við lok hvers undirkafla sjálfspróf úr efni kaflans, ásamt nokkrum grunnhugtökum. Í hverjum meginkafla eru einnig síður eða opnur sem kallast Í brennidepli og fjalla um ýmis viðfangsefni samtímans sem tengjast efninu. Hverjum meginkafla lýkur svo með samantekt og spurningum úr öllu efni kaflans.

Bókin er einnig gefin út á hljóðbók og á lokuðu svæði kennara á www.nams.is má nálgast svör við spurningum og kaflapróf úr efninu.



MENNTAMÁLASTOFNUN
40090

