

EDLISFRÆÐI 3

LITRÓF NÁTTÚRUNNAR

Lennart Undvall
Anders Karlsson

LITRÓF NÁTTÚRUNNAR ➔

EDLISFRÆÐI 3



Hálfðan Ómar Hálfðanarson
þýddi og staðfærði

Lennart Undvall
Anders Karlsson



Eðlisfræði 3

ISBN 978-9979-0-2040-0

© 2013 Lennart Undvall, Anders Karlsson og Liber AB.

Heiti á frummálinu: Spektrum Fysik

ISBN 978-91-47-08596-5

© 2016 íslensk þýðing og staðfærsla: Hálfðan Ómar Hálfðanarson

Ritstjóri: Tryggvi Jakobsson

Faglegur yfirllestur: Sævar Helgi Bragason og Þorsteinn Vilhjálmsson

Ráðgjöf: Garðar Mýrdal, Guðni Axelsson og Jóhannes B. Sigtryggsson

Málfarsyfirllestur: Ingólfur Steinsson og Þorgrímur Gestsson

1. útgáfa 2016

Menntamálastofnun

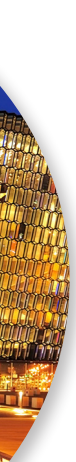
Kópavogi

Skrá yfir rétthafa 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 / Menntamálastofnun

Prentun: Ísafoldarprentsmiðja ehf. – Umhverfissvottuð 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 hafa komið út *Eðlisfræði 1* og *Eðlisfræði 2*, ásamt þremur líffræðibókum úr sama flokki, *Lífheimurinn*, *Maður og náttúra* og *Mannslíkaminn*. 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: Kjarneðlisfræði, Orkuöflun mannskyns, Sólkerfið og Alheimurinn. 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. Á bókarkápu er ljósmynd af geimskoti ESA, 14. mars 2016, þegar könnunarjeppinn ExoMars lagði upp í för sína til reikistjörnunnar Mars.

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 fyrir 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 gagnrýnninn 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 bókanna.

Efnið *Litróf náttúrunnar* er allt gefið út á hljóðbók. Svör við verkefnum og kaflapróf er að finna á læstu svæði kennara á vef Menntamálastofnunar. Bestu þakkir fyrir gott samstarf fá þýðandinn, Hálfðan Ómar Hálfðanarson, yfirlesarar og aðrir 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.
- Skrifaðu 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

Kjarneðlisfræði 6

- 1.1 Vísindabyltingin 8
- 1.2 Innri gerð frumeinda 11
- 1.3 Geislavirk efni 17
- 1.4 Kjarnorka 26
- Í BRENNIDEPLI 34
- Kjarnorka – kostir hennar og gallar

2

Orkuöflun mannkyns 40

- 2.1 Mismunandi form orkunnar 42
- 2.2 Endurnýjanleg orka er framtíðin 48
- Í BRENNIDEPLI 57
- Verður orkuöflun okkar orðin algerlega sjálfbær árið 2050?
- 2.3 Óendurnýjanlegir orkugjafir 58



3

Sólkerfið 66

- 3.1 Jörðin – reikistjarnan okkar 68
- 3.2 Tunglið – næsti nágranni okkar 73
- 3.3 Sólkerfið okkar 82
- Í BRENNIDEPLI 88
- Er mikilvægt að við förum til Mars?

4

Alheimurinn 100

- 4.1 Stjórnur og vetrarbrautir 102
- Í BRENNIDEPLI 108
- Erum við ein í alheiminum?
- 4.2 Þróun alheimsins 110



Hvað er það sem gerist inni í kjarnaofni? Hvaðan kemur eiginlega öll þessi orka?

1

KJARNEÐLISFRÆÐI

Þú hefur uppgötvaður

Undir lok 19. aldar töldu margir vísindamenn að ekkert nýtt ætti eftir að koma fram í eðlisfræði. En í raun og veru voru vísindamenn í þann veginn að uppgötva algerlega nýja þekkingu um innri gerð frumeindanna. Í ljós kom að náttúran bjó yfir eiginleikum sem engum eðlisfræðingi hafði dottið í hug að gætu verið til. Fyrir um 2500 árum setti heimspekingurinn Demókrítos fram þá hugmynd að allir hlutir væru gerðir úr smáum og ódeilanlegum ögnum — frumeindum (atómum). Þessi hugmynd var þá óljós og lítið rökstudd og féll í gleysku. Það var ekki fyrr en í upphafi 20. aldar sem niðurstöður snilldarlegra tilrauna sýndu fram á að frumeindir væru til í raun og veru.



Þegar geislavirk efni sundrast verður það algerlega tilviljunarkennt. Reyndu að sýna með teningakasti hvernig slík sundrun á sér stað. Ábending: Notaðu til dæmis 16 teninga og tíndu burt sexurnar eftir hvert kast. Skráðu fjölda þeirra teninga sem eftir eru. Hvenær hefur helmingur efnisins sundrast? Hvað gerist ef þú endurtekur teningakastið?

Menn dreymir um að smíða ofn sem losar orku á sama hátt og á sér stað inni í sólinni. Hvaða breytingar heldur þú að slíkur ofn hefði í för með sér fyrir lífnaðarhætti manna ef það tækist að smíða starfhæfan ofn af þessari gerð?

Í ÞESSUM KAFLA LÆRIR ÞÚ

- um byltinguna sem varð í eðlisfræði í upphafi 20. aldar og hvernig þessi bylting breytti skilningi okkar á náttúrunni og lífnaðarháttum okkar
- hvernig vísindamenn uppgötvuðu að frumeindir eru gerðar úr enn smærri ögnum og hvernig rannsóknir á innri gerð frumeinda fara fram enn þann dag í dag
- hvernig frumeind er saman sett og hvað samsætur eru
- hvernig rafsegulgeislun verður til, til dæmis ljós og röntgengeislun
- hvernig vísindamenn uppgötvuðu geislavirk efni og hvernig þau hafa verið notuð til að bæta líf manna
- hvernig menn mæla geislun, til dæmis með geislaæli, og hvernig menn verja sig gegn geislun
- um þróun á kjarnorkusprengjum og hvaða áhrif geislun frá þeim getur haft á mannlíkamann
- hvernig menn notfæra sér geislun, til dæmis í lækningatækjum, og til að ákvarða aldur hluta í náttúrunni
- hvernig menn hafa lært að beisla kjarnorku í kjarnorkuverum og hvaða áhrif þetta hefur haft á lífnaðarhætti manna
- að taka þátt í samræðum og rökræðum um kosti og galla kjarnorku og um það hvernig við getum mætt orkubörf mannkynsins í framtíðinni

EFNI KAFLANS

- 1.1 Vísindabyltingin
- 1.2 Innri gerð frumeinda
- 1.3 Geislavirk efni
- 1.4 Kjarnorka

Í BRENNIDEPLI Kjarnorka - kostir hennar og gallar

1.1

Vísindabyltingin

Fyrir rúmri öld töldu eðlisfræðingar að þeim hefði tekist að útskýra nánast öll fyrirbæri í náttúrunni og þess vegna væri ekki neitt merkilegt eftir til að uppgötva. Þeir gætu útskýrt venslin milli krafta og hreyfingar og hegðun ljóss og hljóðs. Þegar við bættist nýfengin þekking á rafmagni og segulmagni héldu menn að eðlisfræðin væri fullunnin; meira yrði ekki gert á þessu sviði. Eðlisfræðingar töldu sig geta lýst öllum grundvallarfyrirbærum í náttúrunni. En í ljós kom að þeim hafði skjáttlast hrapallega.



Þekkingin á frumeindunum lagði grunninn að mörgum nýjum þekkingarsviðum, til dæmis sameindalíffræði og erfðatækni.

Frumeindakennningin fær nýtt líf

Heil 2500 ár eru liðin síðan gríski heimspekingurinn *Demókrítos* setti fram þá hugmynd að allt efni væri gert úr *frumeindum* (atómum) sem ógerlegt væri að skipta í smærri einingar. En allt fram til loka 19. aldar skorti menn þekkingu til þess að sýna fram á að frumeindir væru til í raun og veru. Hugmyndin náði því aldrei að festa rætur. Á árunum frá 1900 til 1930 varð hins vegar þróun sem er ef til vill sú byltingarkenndasta í allri sögu náttúruvísindanna. Frumeindakennningin fékk sem sagt nýtt líf, svo að vægt sé til orða tekið. Afrek eðlisfræðinga á þessum árum eru að miklu leyti undirstaða þeirra stórkostlegu breytinga sem orðið hafa á lífsháttum okkar. Rekja má bæði erfðatækni, tölvutækni og kjarnorkuver nútímans til þeirrar þekkingar sem menn öfluðu sér á þessum fáu áratugum.

Tilraunir sem gengu ekki upp?

Í upphafi 20. aldar lágu fyrir niðurstöður nokkurra tilrauna sem féllu engan veginn að þeirri mynd sem eðlisfræðingar gerðu sér af gangverki náttúrunnar. Þeir gátu engan veginn útskýrt það sem fram kom í tilraununum. Þeir höfðu þó ekki neinar áhyggjur af því vegna þess að þeir töldu niðurstöðurnar ekki hafa mikla þýðingu. En í ljós kom að þær höfðu það engu að síður! Skýringin fólst í þekkingu sem hafði þá ekki enn litið dagsins ljós – þekkingunni á frumeindunum og innri gerð þeirra. Þessi nýja þekking opnaði augu manna fyrir eiginleikum í náttúrunni sem enginn eðlisfræðingur hafði látið sér detta í hug, ekki einu sinni í villtustu draumum sínum.

UPPGÖTVUN FRUMEINDARINNAR

Vísindamenn höfðu vitað um langa hríð að örsmá frjókorn hreyfast algerlega tilviljunarkennt í vatni. Um tíma trúðu menn því að kornin væru örsmáar lífverur sem hreyfðu sig á þennan hátt en það var hrakið síðar. Árið 1905 sýndi *Albert Einstein* fram á að frjókornin væru svo smá að þau yrðu fyrir áhrifum frá handahófskenndri hreyfingu vatnssameindanna. Útskýring Einsteins átti sinn þátt í því að frumeindakennningin hlaut endanlega viðurkenningu.



Albert Einstein

UPPGÖTVUN RAFEINDARINNAR

Breski eðlisfræðingurinn *J.J. Thomson* gerði árið 1899 tilraun sem skilaði óvæntum niðurstöðum. Hann rannsakaði nýja gerð af geislum sem mynduðust milli tveggja málmpatna þegar hann skapaði rafspennu milli þeirra. Thomson taldi að geislarnir væru gerðir úr einhvers konar rafhlöðnum eindum og kallaði þær agnir. Nú vitum við að þessar eindir voru *rafeindir*. Fram að þessu hafði verið talið að ekki væri hægt að kljúfa frumeindir en nú hafði Thomson tekist að sanna að frumeindir væru gerðar úr enn smærri eindum.



J.J. Thomson

UPPGÖTVUN RÖNTGENGEISLUNAR

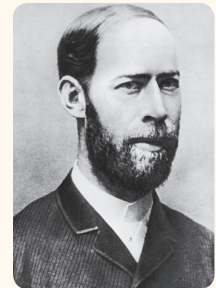
Í annarri tilraun, sem illa gekk að skýra, kom fram eins konar ósýnileg geislun sem Þjóðverjinn *Wilhelm Röntgen* uppgötvaði. Hann lét sams konar geisla og Thomson hafði verið að sýsla með falla á ýmiss konar efni og þá gáfu þau frá sér merkilega geislun sem fór rakleitt gegnum mannslíkamann. Þessa ósýnilegu geislun köllum við nú *röntgengeislun*.



Wilhelm Röntgen

UPPGÖTVUN LJÓSRÖFUNAR

Þjóðverjinn *Heinrich Hertz* hafði gert aðra tilraun sem þótti mikil ráðgáta. Þegar hann lét ljós falla á málmpötu í lofttæmi uppgötvaði hann að platan sendi frá sér hlaðnar eindir. Síðar kom í ljós að orka eindanna fór ekki eftir styrk ljóssins heldur eftir tíðni þess eða bylgjulengd og að þessar eindir voru sams konar og þær eindir sem Thomson hafði fengið með málmpötum sínum, rafeindir. Ljósið hafði nefnilega skapað rafstraum og það nefnist *ljósröfun*.



Heinrich Hertz

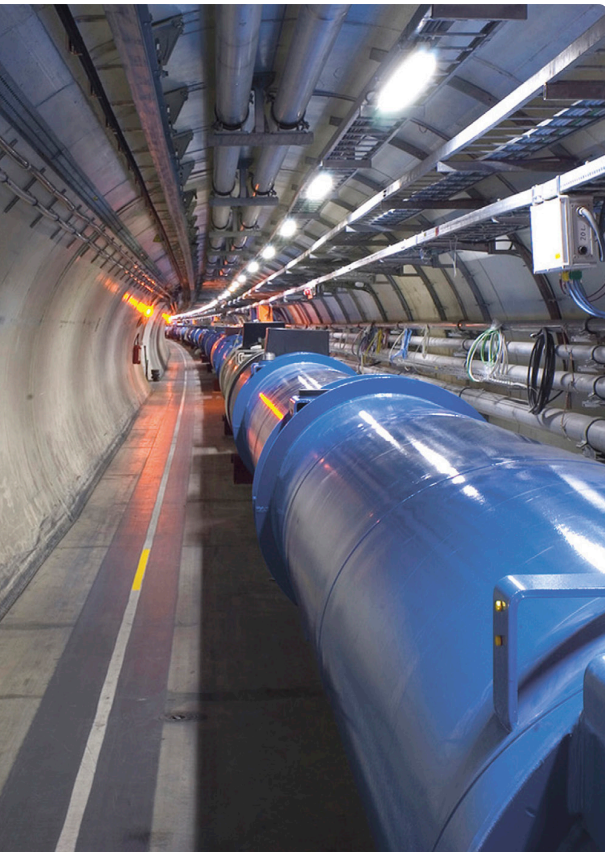
UPPGÖTVUN FRUMEINDARKJARNANS

Ernest Rutherford og nemendur hans létu jákvætt hlaðnar eindir dynja á gullþynnu. Flestar eindanna fóru beint í gegnum gullþynnuna. Rutherford dró þá ályktun af þessu að frumeind væri tómarúm að mestum hluta.

Sumar eindanna fóru þó ekki beint í gegnum þynnuna heldur hrukku til baka eða til hliðar. Rutherford dró þá ályktun af þessu að í miðju frumeindar hlyti að vera jákvætt hlaðinn kjarni.



Ernest Rutherford



Stærsta smásjá í heimi er ekki aðeins notuð til þess að sjá inn í frumeindir heldur líka djúpt inn í kjarna þeirra. Smásjáin nefnist eindahraðall og er í kjarnorkurannsóknastöðinni CERN í grennd við borgina Genf í Sviss.

Einstein vísaði veginn

Eftir að Einstein hafði sett fram þá skýringu að hreyfing frjókornanna stafaði af handahófskenndri hreyfingu sameinda setti hann fram fleiri óvæntar skýringar. Einstein taldi að ljósið í tilraun Hertz, sem nefnd var hér á undan, yrði að hafa ákveðna orku til þess að geta slituð rafeindir lausar. Rafeind losnar einfaldlega ekki frá málmlötunni nema hún verði fyrir orkuskammti sem dugir til að sparka henni út úr málminum. Þetta var byltingarkennd hugmynd sem gerbreytti rannsóknum í eðlisfræði.

Á næstu áratugum þróaðist frumeindakenningin frekar og um 1930 var komin á kenninguna nokkurn veginn sú mynd sem við styðjumst við enn þann dag í dag.

Öflugar rannsóknir á innri gerð frumeinda

Skömmu eftir 1950 tóku menn að byggja svokallaða *eindabraðla*. Markmiðið með þeim var að freista þess að átta sig betur á innri gerð efnisins. Í hraðli geta menn til dæmis látið rafeind ná miklum hraða og rekast á aðra eind. Rannsóknir á þess konar árekstrum gefa upplýsingar um innri gerð efnisins. Menn hafa lært fjöldamargt um innri gerð efnisins í margvíslegum tilraunum af þessu tagi sem hafa verið stundaðar af kappi frá því um miðja síðustu öld.

SIÁLFSPRÓF ÚR 1.1

ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

• frumeind • rafeind • frumeindarkjarni • eindahraðall

- Við tölum um frumeind en alþjóðlega orðið er atóm (sem er líka notað á íslensku). Orðið atóm er dregið af gríska orðinu „atomos“, sem merkir eitthvað sem er ódeilanlegt, eiginlega það sem ekki er hægt að skipta.
 - Hvers vegna er merkingin í orðinu „atóm“ ekki nákvæmlega rétt út frá þekkingu okkar nú?
 - Hvers vegna köllum við þetta frumeind á íslensku?
 - Er orðið frumeind nákvæmlega rétt hugsað samkvæmt þekkingu nútímans?
- Grasfræðingurinn Robert Brown uppgötvaði snemma á 19. öld að frjókorn í vatni hreyfast á handahófskenndan hátt.
 - Hver var það sem setti fram skýringu á þessari hreyfingu frjókornanna?
 - Hvaða kenning hlaut almenna viðurkenningu út frá þessari skýringu?
- Lýstu tilrauninni sem Rutherford gerði og leiddi til þess að frumeindarlíkaníð varð til.
- Hver var það sem sýndi fram á að frumeind (atóm) væri ekki óskiptanleg eining?
- Lýstu vísindabyltingunni sem átti sér stað í upphafi 20. aldar.

1.2 Innri gerð frumeinda

Wilhelm Röntgen, sá er uppgötvaði röntgengeislunina, gerði sér að öllum líkindum ekki grein fyrir því að þessi geislun væri hættuleg í stórum skömmtum. Nú vitum við vel af þessari hættu. Það er hennar vegna sem tannlæknar fóru áður fyrir alltaf út úr tannlæknastofunni þegar þeir tóku röntgenmynd af tönnum sjúklinga sinna. Ef þeir gerðu það ekki yrðu þeir fyrir óþarfri geislun nánast á hverjum einasta degi en nú eru geislaskammtarnir orðnir svo litlir að ekki er lengur þörf á svona mikilli varúð. Geislunin skapar ekki heldur neina hættu fyrir sjúkling sem fer í röntgenmyndatöku öðru hverju. Sú örlitla áhætta, sem myndatakan skapar, er réttlætanleg vegna ávinningsins sem geislunin skilar. Röntgentæki hafa verið til gríðarlega mikils gagns í lækningum og hafa bjargað mörgum mannlífum.



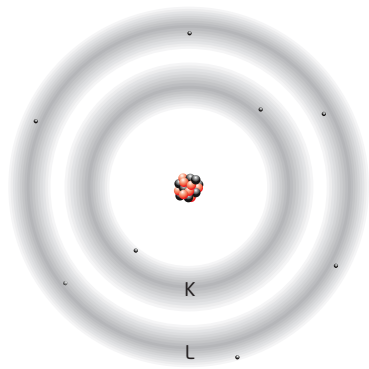
Röntgengeislun er hættuleg í stórum skömmtum og þess vegna yfirgáfu tannlæknar stofuna áður fyrir þegar þeir tóku röntgenmyndir af tönnum sjúklinganna.

Saga frumeindarinnar

Alþjóðlega orðið yfir *frumeind* er atóm, sem er dregið af gríska orðinu „atomos“ þar sem „a-“ merkir „ekki“ og „tomos“ þýðir „sem er skorið“. Orðið þýðir því að atóm sé fyrirbæri sem ekki sé unnt að skera (deila í smærri einingar). Grikkinn Demókrítos setti fram frumeindakenningu sína þegar á 4. öld f.Kr. Kenning hans mætti hins vegar andstöðu heimspekingsins Aristótelesar sem trúði ekki á hana heldur á eldri kenningu um frumefnin fjögur: jörð, vatn, loft og eld. Hann hélt því fram að öll efni heimsins væru mismunandi blöndur þessara frumefna. Skýringin á því að viður brennur en grjót ekki væri sú að í viði væri meiri eldur en í grjótinu. En kenning Demókrítosar féll í gleysku og var ekki dregin fram á ný fyrir en um 2000 árum síðar.



Hvers vegna brennur viður en ekki steinar? Samkvæmt kenningunni um frumefnin fjögur brennur viðurinn af því að hann inniheldur meiri eld en grjótið. Við vitum nú að þessi kenning stenst ekki.



Myndin sýnir líkan af súrefnisfrumeind. Í henni eru átta róteindir, átta nifteindir og átta rafeindir. Tvær rafeindanna eru á K-hvelinu og sex eru á L-hvelinu.

Innri gerð frumeindar

Hver frumeind er gerð úr jákvætt hlöðnum frumeindarkjarna og umhverfis hann eru neikvætt hlaðnar *rafeindir*.

Rafeindirnar raðast á mismunandi *hvel*. Á innsta hvelinu geta mest verið tvær rafeindir og það nefnist K-hvel. Næsta hvel nefnist L-hvel og þar geta verið átta rafeindir. Næstu hvel þar fyrir utan nefnast M, N, O, P og svo framvegis.

Í kjarna frumeindarinnar eru eindir sem kallast *róteindir* og *nifteindir*. Róteindirnar eru jákvætt hlaðnar en nifteindirnar eru óhlaðnar. Það eru sem sagt róteindirnar sem gera frumeindarkjarnann jákvætt hlaðinn. Hleðsla róteindar er jafnstór hleðslu rafeindar en hleðslurnar eru með gagnstæðum formerkjum. Hleðslur róteinda og rafeinda vega því hver aðra upp ef þær eru jafnmargar af hvoru tagi. Frumeind, sem hefur jafnmargar róteindir og rafeindir, er því *óhlaðin*. Ef frumeind lætur frá sér eina eða fleiri rafeindir verður frumeindin í heild jákvætt hlaðin og þá myndast jón, í þessu tilviki *jákvætt hlaðin jón*, stundum nefnd *plúsjón*. *Neikvætt hlaðin jón* verður til þegar frumeind bætir við sig einni eða fleiri rafeindum. Slík jón heitir líka *mínusjón*.

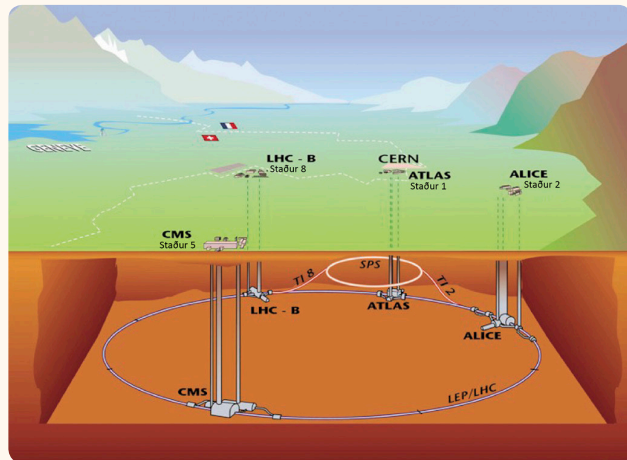
ITAREFNI

Í LEIT AÐ MINNSTU EINDUM EFNISINS

Stærsta tilraunastofa veraldar hefur verið grafin í berggrunninn við landamærin milli Sviss og Frakklands. Þar starfar fjöldi vísindamanna á vegum Evrópsku rannsóknarstöðvarinnar í öreindafræði (CERN). Þeir hafa byggt þar stærsta eindahraðal veraldar (LHC, sem er skammstöfun á Large Hadron Collider, eða Stóri sterkeindahraðallinn). Sterkeindahraðallinn er í hringlaga 27 kílómetra löngum neðanjarðargöngum. Þessi risavaxni eindahraðall hefur meðal annars verið notaður til að láta rafeindir og róteindir rekast hverjar á aðrar. Þær tilraunir hafa til dæmis leitt það í ljós að bæði róteindir og nifteindir eru gerðar úr svokölluðum *kvörkum*. Þrír kvarkar eru í hverri róteind og nifteindin er einnig úr þremur kvörkum.

Við rannsóknir sumarið 2012 fengust nýjar niðurstöður frá rannsóknarstöðinni. Þær gáfu til kynna að vísindamönnum hefði tekist að sýna fram á tilvist svokallaðrar *Higgs-bóseindar* en hún kann að vera lykillinn að skilningi á því hvernig efnið er byggt upp.

Margir voru efins um tilvist þessarar bóseindar og sumir efast enn. Eðlisfræðingurinn Peter Higgs sagði fyrir um tilvist hennar árið 1964 en ekki hafði tekist að bera kennsl á hana í rannsóknum fyrr en sumarið 2012.





Frumeindarkjarninn er óumræðilega smár. Stærsta kúlulaga bygging heims er í Stokkhólmi í Svíþjóð og nefnist Ericsson Globe, eða Globen (kúlan) í daglegu tali heimamanna. Hún er um 110 m í þvermál. Ef frumeind væri stækkuð svo mikið að hún yrði á stærð við Globen yrði frumeindarkjarninn aðeins millimetri í þvermál.

Massi frumeindar

Róteind hefur nánast sama *massa* og nifteind. Massi rót- eða nifteindar er tæplega tvö þúsund sinnum meiri en massi rafeindar. Þetta merkir að massi hvarrar frumeindar er nánast allur í kjarna hennar. Þar sem kjarninn er örsmár er *eðlismassi* kjarnans því gríðarlegur.

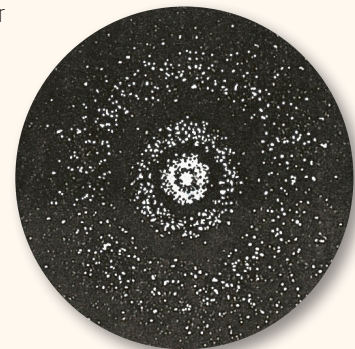
Ef sykurmoli hefði sama eðlismassa og frumeindarkjarni myndi hann vega um 300 milljónir tonna

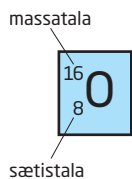
SAGNFRÆÐI

NIELS BOHR OG FRUMEINDARLÍKAN HANS

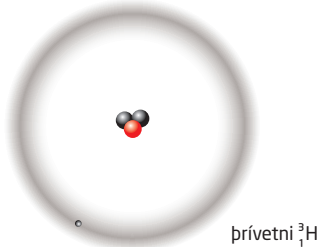
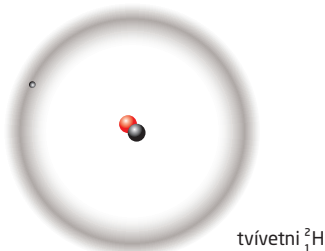
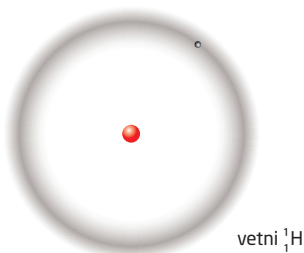
Breski eðlisfræðingurinn Ernest Rutherford sýndi fyrstur manna fram á að frumeindir hefðu kjarna. Hann taldi frumeind líkjast sólkerfi þar sem frumeindarkjarninn svarar til sólarinnar og rafeindirnar til reikistjarnanna.

Daninn *Niels Bohr* flutti til Bretlands til að vinna með Rutherford. Hann áttaði sig á því að brautir rafeindanna væru alls ekki líkar brautum reikistjarna í sólkerfi. Þess í stað taldi Bohr að rafeindirnar væru í skýi umhverfis kjarnann og að menn gætu einungis sagt til um það hversu mikil líkindi væru á því að finna rafeind á tilteknum stað í skýinu. Mismunandi rafeindahvel í frumeindum eru svæði þar sem mestar líkur eru á því að finna rafeindirnar. Hvítu deplarnir á myndinni sýna hvar mestar líkur eru á að finna rafeindina í vetnisfrumeind. Því fleiri sem deplarnir eru þeim mun meiri líkur eru á því að rekast á rafeind. Bohr setti fram líkan sem kennt er við hann, *frumeindarlíkan Bohrs*.





Hverri samsætu er lýst með sætistölu og massatölu. Þetta er algengasta samsæta súrefnis.



Til eru þrjár samsætur vetnis. Þær hafa allar sömu sætistölu (1) en massatala þeirra er mismunandi (1, 2 eða 3).

Sætistala og massatala

Við getum gefið nokkuð góða mynd af gerð frumeindarkjarna með því að tiltaka *sætistölu* og *massatölu* hans. Sætistalan segir til um hversu margar róteindir eru í kjarnanum. Í kjarna súrefnisfrumeindar eru til dæmis átta róteindir og því er sætistala súrefnis átta. Kjarni járnfrumeindar hefur 26 róteindir og sætistala járn er því 26.

Massatalan er summan af fjölda róteinda og nifteinda í frumeindarkjarna. Venjuleg súrefnisfrumeind hefur átta nifteindir og átta róteindir í kjarna sínum. Samanlagður fjöldi nifteinda og róteinda í súrefniskjarna er þá 16. Massatala súrefnis er þess vegna 16.

Við getum notað sérstakan rithátt til þess að tilgreina bæði sætistölu og massatölu ákveðins frumeindarkjarna. Við skrifum fyrst efnatákn frumefnisins. Niðri og vinstra megin við efnatáknið er sætistalan skrifuð og massatalan beint fyrir ofan hana. Venjulegum súrefniskjarna er því lýst með þessum rithætti: ${}^{16}_8\text{O}$.

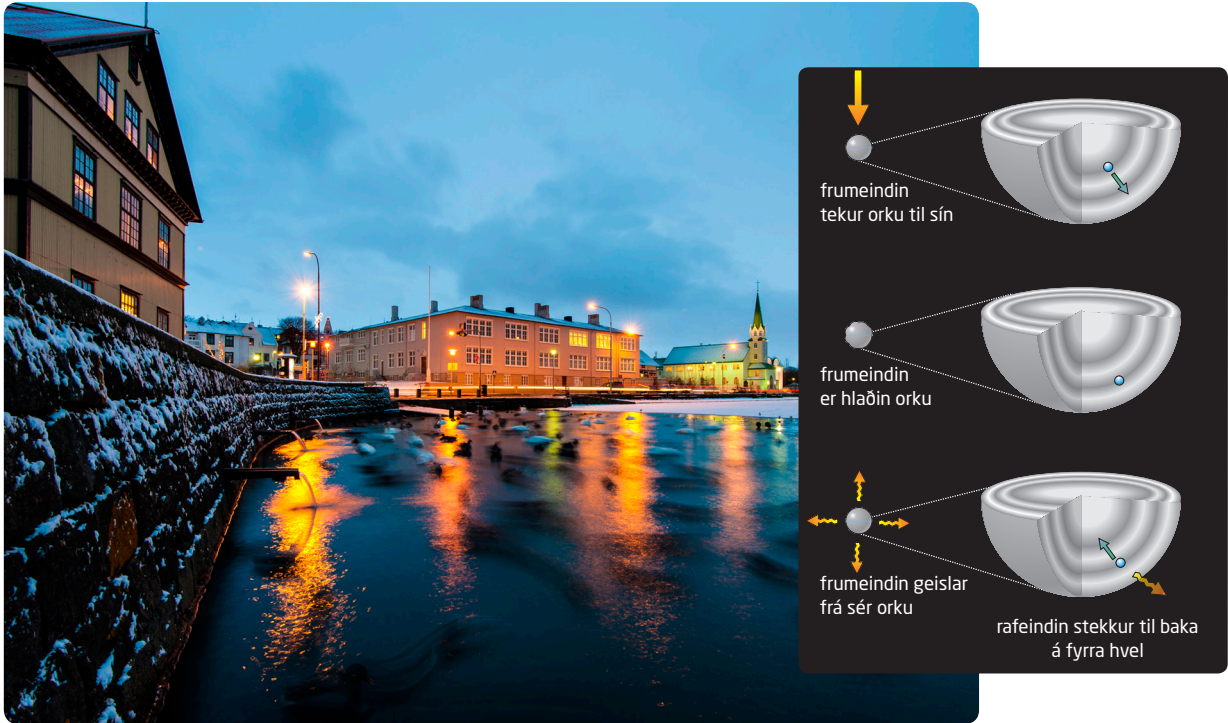
Samsætur - mismunandi frumeindir af sama tagi

Súrefni er frumefni og er því eingöngu úr súrefnisfrumeindum. Súrefnisfrumeindirnar eru hins vegar af nokkrum mismunandi gerðum. Allar gerðirnar hafa þó sömu sætistöluna, það er að segja 8. Það merkir að í kjarna þeirra allra eru 8 róteindir og 8 rafeindir sveima kringum hann. Það er fjöldi nifteinda sem skilur á milli mismunandi gerða af samsætum. Til eru súrefnisfrumeindir sem hafa 8, 9, 10 eða fleiri nifteindir í kjarnanum. Þessar mismunandi gerðir eru ólíkar *samsætur* súrefnis. Allar samsætur sama frumefnis hafa sömu sætistölu en massatalan er ekki sú sama. Því fleiri sem nifteindirnar eru í kjarnanum þeim mun hærri er massatala viðkomandi samsætu.

Vetni hefur þrjár samsætur

Vetni er einfaldast allra frumefna og af því eru til þrjár samsætur. Algengasta samsætan kallast yfirleitt einfaldlega vetni (eða *einvetni*) og í kjarna hennar er ein stök róteind. Þetta er eina frumefnið sem hefur enga nifteind í kjarna frumeinda sinna.

Hinar tvær samsæturnar nefnast *tvívetni* og *þrívetni*. Í kjarna tvívetnis er ein róteind og ein nifteind. Þessi samsæta nefnist líka þungt vetni. Í þrívetniskjarnanum er ein róteind og tvær nifteindir. Um kjarna allra vetnissamsætanna þriggja sveimar ein rafeind.



Frumeindir skapa ljós – rafsegulgeislun

Ljós frá ýmsum ljósgjöfum, sem við notum til lýsingar, stafar oft af breytingum inni í frumeindum. Tökum sem dæmi gulu natrínljósinn sem notuð eru til götulýsingar.

Í þeim er löng og mjó glerpípa þar sem rafstraumur fer um gas með natrínfrumeindum. Rafeindir natrínsins eru á mismunandi hvelum utan við kjarna frumeindanna. Rafstraumurinn er líka rafeindir sem rekast á frumeindir natrínsins í pípunni og lyfta ystu rafeindum þeirra af lægsta orkustigi upp á það næsta fyrir ofan. Rafeindirnar færast upp um hvel. Síðan færast rafeindirnar aftur niður á lægra stigið og um leið senda frumeindirnar frá sér ljós með tíðni sem samsvarar orkumismun stiganna. Eindirnar eru með öðrum orðum allar með sömu tíðni. Ljós með þeirri tíðni er einmitt gult á lit og þess vegna fáum við gult ljós.

Í öðrum tegundum ljósapera er þetta ekki alltaf svona einfalt en þó er meginreglan ávallt sú sama. Í hverri peru myndast ljós með mismunandi tíðnigildum. Ljós með mismunandi tíðnigildum leggst síðan saman og myndar til dæmis hvítt ljós sem okkur finnst yfirleitt eðlilegast og þægilegast af því að það líkist sólarljósinu.

Pegar frumeindir eða sameindir taka til sín orku, færast ystu rafeindir þeirra á ytra hvel. Þegar þær falla til baka á fyrra hvel, losnar orka úr læðingi sem geislun á þröngu tíðnibili. Hjá natríni er þetta tíðnibil í gula hluta litrófsins, eins og sjá má á lit götuljósa.



Röntgenmyndir af höfuðkúpu fengnar með hjálp röntgengeislunar.

Röntgengeislun stafar af stökkum rafeinda

Ef þú hefur beinbrotnað eða látið mynda tennurnar hjá tannlækninum hefur þú ef til vill séð röntgenmyndir. Með hjálp svokallaðrar *röntgengeislunar* getum við séð gegnum húð og vöðva og fengið mynd af beinagrindinni.

Hver er galdurinn við þetta? Röntgentæki er eins konar myndavél sem bæði sendir út röntgengeisla og tekur við þeim aftur. Á leið sinni fara geislarnir gegnum alla vefi líkamans. En röntgengeislar smjúga misvel gegnum hina ýmsu vefi, svo sem bein, fituvefi og vöðva. Beinín hleypa geislunum síst í gegnum sig og verða þess vegna ljós á litinn á myndinni.

Röntgengeislun verður til á svipaðan hátt og ljós. Þegar rafeind á einum af innstu hvelunum losnar frá hveli sínu getur rafeind af einu af ytri hvelunum komið í hennar stað. Þá lætur frumeindin frá sér orkuríka röntgengeislun vegna mikils orkumunar milli hvelanna.

SÍALFSPRÓF UR 1.2

ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

• jón • sætistala • massatala • samsæta

1. Frumeind er gerð úr þrenns konar eindum. Hvað heita þessar eindir og hver er hleðsla þeirra?
2. Hversu margar rafeindir komast fyrir á K-hvelinu?
3. Hver er hleðsla frumeindar í heild?
4. a) Hvað eiga tvær samsætur sama frumefnis sameiginlegt?
b) Hvað er það sem er ólíkt hjá þeim?
5. Natrífrumeind hefur sætistölu 11 og massatölu 23. Hversu margar nifteindir eru í kjarna hennar?

6. Samsæta magnesíns er táknuð svona: $^{23}_{12}\text{Mg}$.
a) Hvaða eindir eru í kjarna hennar?
b) Raðaðu rafeindum samsætunnar á mismunandi hvel.
7. Af hverju gefa hinar ýmsu frumeindir frá sér ljós af mismunandi litum?
8. Nefndu dæmi um það hvernig menn notfæra sér röntgengeislun.
9. Algengasta samsæta helíns hefur tvær róteindir og tvær nifteindir í kjarna sínum. Berðu saman massa frumeindarkjarnans og massa allra rafeindanna. Hver er munurinn?
10. Pvermál róteindar er um það bil $2,5 \cdot 10^{-12}$ mm. Setjum svo að þú eigir að leggja róteindir hlið við hlið í beina röð sem er 1 mm að lengd. Þú ætlar að leggja 10 róteindir á hverri sekúndu. Hversu lengi verður þú að ljúka þessu?

1.3

Geislavirk efni

Geislavirk efni

Orðið geislavirkni kemur oft fyrir í fréttum fjölmiðla og skapar ótta hjá sumu fólki. Sumir halda að geislavirk efni verði eingöngu til í kjarnorkuverum, við kjarnorkusprengingar og svo framvegis. Hið rétta er að geislavirk efni hafa alltaf verið til á Jörðinni. Menn vissu bara ekki af þeim áður fyrr. Nú notfærum við okkur geislavirkni á margvíslegan hátt, ekki síst til þess að lækna krabbamein. Geislavirk efni geta þó líka valdið sjúkdómum. Þess vegna er nauðsynlegt að vita hvernig við getum verndað okkur gegn geislavirkni.

Uppgötvun geislavirkinnar

Árið 1896 gerði Frakkinn *Henri Becquerel* afar mikilvæga uppgötvun, raunar fyrir tilviljun. Hann hafði lagt salt af úrani ofan á kassa sem í var ljósmyndafilma. Þessu kom hann svo öllu fyrir í myrkri ofan í kómmoduskúffu. Þrátt fyrir ljósleysið og hlífðarpappírinn um filmuna kom mynd af saltinu fram á filmunni. Henri dró þá ályktun af þessu að úran hlyti að senda frá sér einhvers konar geislun. Hann kallaði þetta fyrirbæri *geislavirkni*.

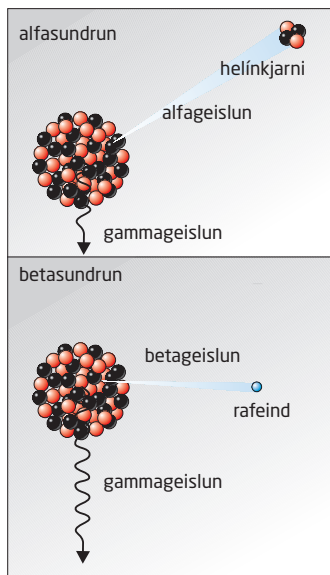
Nokkrum árum síðar uppgötvuðu frönsku vísindamennirnir *Marie og Pierre Curie* tvö önnur geislavirk efni, radín og pólon. Fyrir þessar uppgötvanir sínar fengu þau nóbelsverðlaunin í eðlisfræði árið 1903 ásamt Henri Becquerel.



Marie Curie uppgötvaði, í samstarfi við eiginmann sinn, Pierre Curie, geislavirku efnin radín og pólon.



Þetta merki varar við geislavirkum efnum.



Óstöðugur frumeindarkjarni sendir frá sér alfa- eða betageislun og oft fylgir gammageislun með. Alfa- og betageislur eru efniseindir. Gammageislur eru hins vegar massalausar ljóseindir, rafsegulgeislun með margfalt hærri tíðni og orku en ljósið.

Geislavirk efni

Á þessum tíma uppgötvaðu vísindamenn að geislun getur myndast í frumeind á nokkra mismunandi vegu. Geislun getur orðið til þegar rafeind stekkur til baka af ytra hveli á innra hvel í frumeindinni. Hún hefur þá komist í upphaflega ástandið vegna utanaðkomandi áhrifa. Geislun getur líka átt upptök sín í kjarna frumeindar og þá oft orðið til af sjálfu sér, án ytri áhrifa. Henri Becquerel uppgötvaði geislun af því tagi.

Geislun frá kjörnum myndast í samsætum þar sem kjarninn býr yfir of mikilli orku. Í þeim tilvikum er kjarninn *óstöðugur* og leitast við að losa sig við orku til þess að komast aftur í jafnvægi. Það næst með því að frumeindarkjarninn geislar orku frá sér á mismunandi hátt. Sagt er að frumeindarkjarninn *sundrist*. Tegundir geislunar frá kjörnum eru þrjár: *alfageislun*, *betageislun* og *gammageislun*. Efnin, sem senda geislun frá sér á þennan hátt, án utanaðkomandi áhrifa, kallast *geislavirk efni*.

Alfa- og betageislur eru efniseindir

Alfageislun felst í því að *alfaeindir*, sem eru jákvætt hlaðnar eindir, losna frá frumeindarkjarna. Alfaeind er gerð úr tveimur róteindum og tveimur nifteindum og er því með öðrum orðum frumeindarkjarni helíns (${}^4_2\text{He}$). Ef frumeindarkjarni sendir frá sér alfageislun fækkar róteindum og nifteindum í kjarnanum og kjarni annars frumefnis verður til.

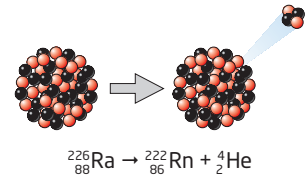
Betageislun verður þegar rafeindir (${}^0_{-1}\text{e}$), eða jáeindir (${}^0_{+1}\text{e}$), sem eru þá oft kallaðar *betaeindir*, losna úr kjarna geislavirks efnis. Jáeindir eru svokallaðar andeindir rafeinda, hafa gagnstæða hleðslu við rafeindina en eru að flestu öðru leyti eins og rafeindir. En hvernig má það vera að rafeindir losni frá frumeindarkjarna? Þar eru bara róteindir og nifteindir eins og við vitum. Skýringin er sú að nifteind breytist í róteind og rafeind. Rafeindin yfirgefur kjarnann en róteindin helst þar. Þegar frumeindarkjarni sendir frá sér betageislun fjölgar þess vegna róteindum í kjarnanum og kjarni annars frumefnis myndast eins og við alfageislun.

Gammageislur eru orkuríkar ljóseindir

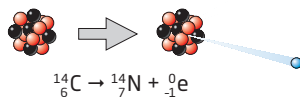
Alfa- og betageislun eiga það sameiginlegt að efniseindir yfirgefa kjarna frumeinda í geisluninni. Gammageislur eru hins vegar orkumiklar ljóseindir, sams konar geislun og ljós og röntgengeislun, með öðrum orðum ein tegund rafsegulgeislunar. Helsti munurinn er sá að *gammageislun* er miklu orkuríkari en sýnilegt ljós og röntgengeislun hefur styttri bylgjulengd og meiri tíðni. Gammageislur eru massalausir eins og aðrar ljóseindir.

Hvernig verður geislavirk sundrun?

Sumar samsætur frumefna senda út geislun hvenær sem er, óháð öllum ytri áhrifum. Til dæmis getur samsæta af frumefninu radíni sundrast hvenær sem er og orðið að samsætu af frumefninu radoni. Þegar þetta gerist sendir radínkjarninn frá sér alfaeind. Eftir verður kjarni sem er með tveimur færri róteindum en radínkjarni. Hér hefur sem sagt orðið til frumeindarkjarni af frumefninu radoni. Við getum lýst geislavirku sundruninni eins og sjá má hér til hliðar.



Kolefni-14, sem er samsæta af venjulegu kolefni og stundum nefnd geislakol á íslensku, hefur massatöluna 14. Þegar kjarni geislakols sundrast sendir hann frá sér betageislun. Við geislunina breytist nifteind í kjarnanum í róteind og rafeind. Rafeindin yfirgefur kjarnann og eftir verður frumeindarkjarni sem hefur einni róteind fleira en upphaflegi kjarninn. Þessi nýi frumeindarkjarni er niturkjarni. Sundruninni má lýsa á eftirfarandi hátt:



Gammageislun kemur oft í kjölfar alfa- eða betageislunar en gammageislunin hefur hvorki áhrif á sætistölu né massatölu.

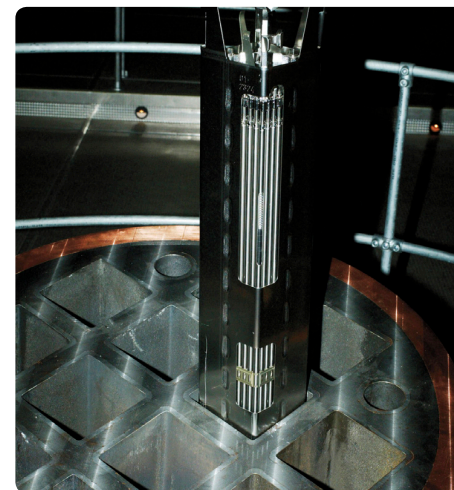
Hvað er helmingunartími?

Í geislavirku efni sundrast ekki allir frumeindarkjarnarnir samtímis. Það er algerlega tilviljun háð hvaða kjarni sundrast og hvenær hann gerir það.

Helmingunartími er mælikvarði á það hversu hratt sundrunin á sér stað og segir til um hversu langan tíma það tekur helming allra frumeindarkjarna í geislavirku efni að sundrast.

Frumefnið radín (Ra) umbreytist í radon (Rn) og helmingunartíminn er um það bil 1620 ár. Hugsum okkur að við séum með 1000 radínkjarna. Eftir 1620 ár hefur helmingur þeirra, það er 500 kjarnar, orðið að radonkjörnum. Eftir önnur 1620 ár hefur helmingurinn (250 kjarnar) af þeim kjörnum sem eftir voru umbreytist í radon og þannig koll af kalli.

Helmingunartími geislavirkra efna er ákaflega mismunandi. Hann er allt frá örfáum sekúndubrotum upp í marga milljarða ára.



Í kjarnaofni er úran- 235 ($^{235}_{92}\text{U}$) notað sem eldsneyti. Helmingunartími efnisins er 700 milljónir ára. Á myndinni sést þegar eldsneytisstöng með úrani er komið fyrir inni í kjarnaofni.

TAREFNI

GEISLAKOLSADFERÐIN

Fornleifafræðingar geta ákvarðað aldur lífræns efnis með því að styðjast við helmingunartíma geislavirks kolefnis. Þá er mælt hversu mikið er af samsætunni kolefni-14 ($^{14}_6\text{C}$) í efninu í samanburði við samsætu venjulegs kolefnis, kolefni-12 ($^{12}_6\text{C}$). Því minna sem er af kolefni-14 þeim mun eldra er efnið. Aðferðin byggist á því að hlutfallið milli kolefnis-14 og kolefnis-12 helst nokkurn veginn óbreytt í andrúmsloftinu í aldanna rás og lífverur taka upp samsæturnar í því hlutfalli. En þegar lífveran deyr hættir kolefnisupptakan og sundrun geislakolsins fer að segja til sín með tímanum. Magn þess helmingast þá á um það bil 5570 árum.

Tollund-maðurinn, sem svo er nefndur, er vel varðveitt lík af manni sem fannst í Tollund-mýri í Danmörku árið 1950. Með geislakolsaðferðinni komust menn að því að hann hafði legið þarna frá því um 220 f.Kr.



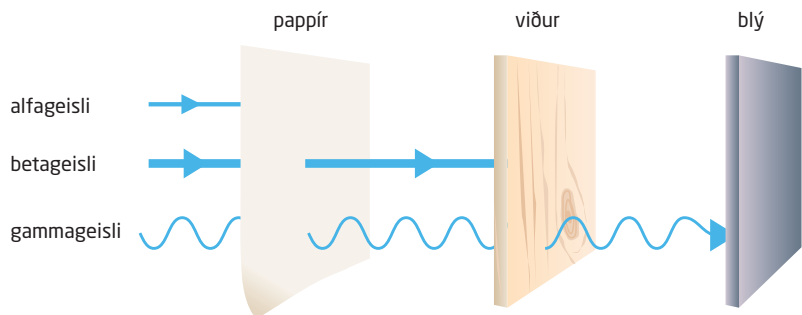
Geislun berst misjafnlega langt

Alfaeind, sem berst frá geislavirkum frumeindarkjarna, stöðvast þegar hún hefur ferðast nokkra sentimetra í lofti. Sagt er að alfageislun hafi stutta *seilingu*. Hún stöðvast í pappírsörk eða í húðinni.

Seiling betageislunar er lengri vegna þess að rafeindir verða fyrir minni áhrifum en alfaeindir frá efninu sem þær fara um. Seilingin er nokkrir metrar í lofti og nokkrir sentimetrar í lifandi vefjum. Nokkurra millimetra þykkt álplata, viðarplata eða þykkt lag af fatnaði kemur í veg fyrir að betageislun nái inn í húðina.

Gammageislun er ekki efniseindir heldur orkuríkar ljóseindir með stuttri bylgjulengd og hárri tíðni. Geislunin fer bæði gegnum álplötu og viðarplötu. Við þurfum þykkt lag af blýi til þess að stöðva gammageislun.

Pappírsblað nægir til þess að stöðva alfageislun. Til að stöðva gammageisla þarf þykkt lag úr blýi.



Hvernig greinum við geislun?

Í kvikmyndum og sjónvarpsþáttum sjáum við stundum fólk sem er að leita að geislavirkum efnum. Þá notar það tæki sem brakar í og brestur. Þetta tæki kallast *Geiger-teljari*. Þegar nægilega orkurík, geislavirk eind kemur inn í tækið gefur það frá sér rafstraumshögg sem er breytt í hljóðmerki. Með því að telja höggin geta menn fundið út hversu geislavirkt tiltekið efni sé.

Geislavirkni hlutar er mæld með því að telja hve margir kjarnar í honum sundrast á hverri sekúndu. Geislavirknin er mæld í einingunni *bekerel* (Bq) sem er kennd við Henri Becquerel. Geislavirknin er 1 Bq efinn geislavirkur frumeindarkjarni sundrast á sekúndu.

Á Íslandi má geislavirkni í matvælum ekki vera meiri en 600 Bq á kílógramm. Í einu kílógrammi af til dæmis berjum eða sveppum mega ekki sundrast nema 600 geislavirkir kjarnar á sekúndu.



Geislavirkni mæld með geislaæli (Geiger-teljara).

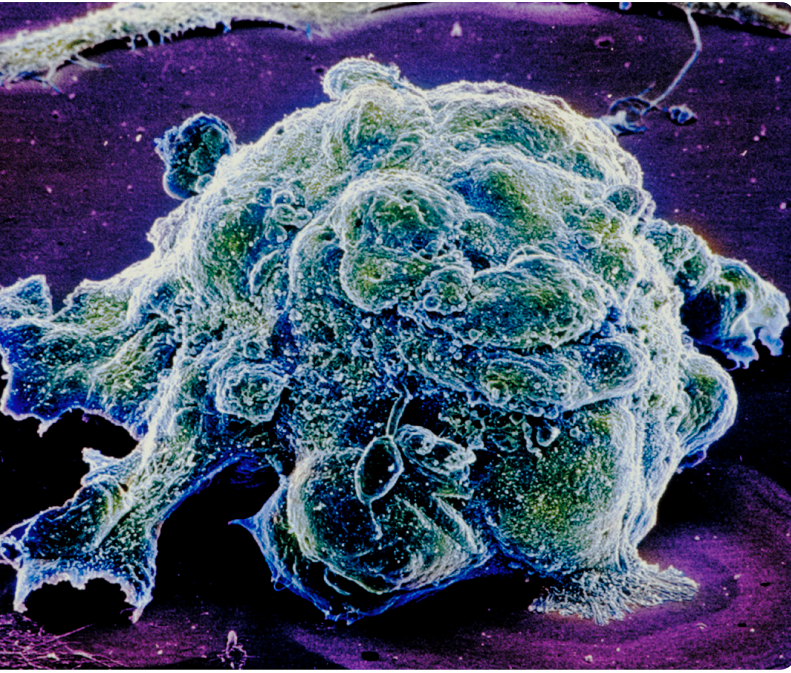
Geislavirkni er mæld með geislaæli

Þegar við verðum fyrir geislun getum við hvorki séð hana né skynjað á annan hátt. Þess vegna verður fólk sem vinnur með geislavirk efni og hluti að bera á sér svokallaðan *geislaæli*. Mælirinn skráir samanlagða geislun sem hver maður hefur orðið fyrir á tilteknum tíma.

Ef allir í bekknum þínum bæru á sér geislaæli í heilan dag myndu allir mælarnir sýna svolítið útslag. Við verðum nefnilega stöðugt fyrir svokallaðri *bakgrunnsgeislun*. Hún kemur bæði frá Jörðinni og ýmsum byggingarefnum og líka utan úr geimnum.



Allir sem vinna með geislavirk efni verða að hafa geislaæli á sér. Hann sýnir hvað þeir verða fyrir mikilli geislun á tilteknum tíma.



Fruma úr brjóstakrabbameini
í mikilli stækkun.

Geislun getur verið hættuleg

Alfa-, beta- og gammageislun eru oft nefndar einu nafni *jónandi geislun*. Skýringin á því er sú að geislun af þessu tagi getur losað rafeindir úr frumeindum þannig að *jónir* myndast. Ef þetta gerist í líkama okkar geta jónirnar valdið því að til verða efni sem eru skaðleg fyrir frumurnar. Geislunin getur meðal annars skemmt genin þannig að frumurnar taka að fjölga sér á stjórnlausan hátt og þá fáum við krabbamein.

Menn gerðu sér ekki grein fyrir þeirri hættu sem stafaði af geislun fyrst eftir að þetta fyrirbæri var uppgötvað. Margir urðu því fyrir hættulega mikilli geislun og þeirra á meðal var Marie Curie. Hún dó úr krabbameini sem að líkindum orsakaðist af geislavirku efnunum sem hún hafði fengist við í starfi sínu.

Þeir sem vinna þar sem hætta er á geislun verða nú að nota sérstakan hlífðarbúnað. Áratugum eftir kjarnorkuslysið í Tsjernóbýl í fyrrverandi Sovétríkjum urðu menn að vera í hlífðarfötum þegar þeir mældu geislavirknina á landinu umhverfis kjarnorkuverið.

Yfirvöld geislavarna

Nú verða allir sem meðhöndla geislavirk efni að nota þau á ábyrgan og réttan hátt. Þetta á einkum við fólk sem starfar á sjúkrahúsum, í háskólum og í kjarnorkuverum. Hér á landi eru það *Geislavarnir ríkisins* sem gefa út reglur um hvernig fara skuli með geislavirk efni og annast eftirlit með því að farið sé eftir þeim reglum. Stofnunin annast eftirlit með geislaálagi á starfsmenn sem verða fyrir jónandi geislun í starfi sínu og heldur skrá yfir niðurstöðurnar úr eftirlitinu með hverjum starfsmanni. Hún annast enn fremur reglubundið mat á heildargeislaálagi á almenning af starfsemi sem heyrir undir lög um geislavarnir og metur reglulega geislaálag á sjúklinga af læknisfræðilegri geislun hérlandis. Þá ber Geislavörnum ríkisins að standa fyrir rannsóknnum á sviði geislavarna, hafa viðbúnað við hvers kyns geislavá og annast greiningu á ógn af hennar völdum. Stofnunin hefur náið samstarf við erlendar stofnanir á sama sviði.

Geislun í þágu lækninga

Nú er geislun notuð á sjúkrahúsum til þess að greina og meðhöndla sjúkdóma. Við greiningu á sjúkdómum eru notaðar háþróaðar rannsóknaraðferðir á borð við röntgenmyndatöku, segulómmyndatöku (MRI) og rannsókn í *jáeindaskanna* (PET) eða *gammamyndavél*. Þegar röntgenmynd er tekin af einhverjum líkamshluta okkar fer mörg þúsund volta ljóseindageislun, sem verður til í röntgenlampa, í gegnum vefina. Í segulómmyndatöku er líkaminn settur í sterkt segulsvið og rafsegulbylgjur, svipaðar útvarpsbylgjum, eru sendar inn í líkamann. Þessar bylgjur endurkastast þannig að mynd fæst af vefjum og líffærum. Jáeindaskanninn og gammamyndavélin taka við geislun sem berst frá geislavirkum efnum sem hefur ýmist verið sprautað í blóðrásina eða verið tekin inn í meltingarveginn. Geislavirku efnin eru oft höfð í efnasamböndum sem leita uppi ákveðin líffæri eða meinsemdir í líkamanum. Slíkar rannsóknir með geislavirkum efnum geta leitt í ljós hvort líffæri (til dæmis skjaldkirtill) starfi eðlilega og í öðrum tegundum rannsókna er leitað eftir því hvort krabbamein sé að vaxa í líkamanum og þá hversu hratt það vex og hversu útbreitt það er.

Ef rannsóknin verður til þess að krabbamein greinist má líka nota geislun til þess að meðhöndla sjúkdóminn. Þetta virðist kannski undarlegt þar eð röntgengeislun og geislun frá geislavirkum efnum getur valdið sjúkdómum. Í ljós hefur komið að krabbameinsfrumur eru oft viðkvæmari fyrir geislun en flestar heilbrigðar frumur. Þegar geislun skemmir erfðaeefnið (DNA) í heilbrigðum frumum eða krabbameinsfrumum leitast þær við að lagfæra skemmdirnar. Krabbameinsfrumunum tekst hins vegar verr upp við lagfæringarnar svo að unnt er að eyða þeim en heilbrigður vefur nær sér aftur. Nú er öflugri geislun frá línuhröðlum yfirleitt beitt í geislameðferð en líka gammageislun, til dæmis frá geislavirka efninu kóbolt-60. Geisluninni er beint að krabbameininu úr ýmsum áttum til þess að sýktu frumurnar fái meginhluta geislunarinnar á sig en heilbrigðar frumur í nærliggjandi líkamsvæfjum verði fyrir sem minnstri geislun.



Geislameðferð er algeng aðferð til þess að vinna á krabbameinsfrumum. Þá er geislun beint að sjúku frumunum í meininu. Geislagjafinn í meðferðinni er oft kóbolt-60.

GREINING

Röntgenmyndataka
Segulómmyndataka
Jáeindaskönnun
Gammamyndataka

MEÐFERÐ

Ljóseindageislun
Gammageislun
Rafeindageislun
Róteindageislun
Nifteindageislun

Radon eykur líkurnar á krabbameini

Í ljós hefur komið að víða um lönd býr sumt fólk í húsum sem nefnast *radonhús*. Í sumum byggingarefnum og í berggrunninum allvíða er frumefnið radín. Vandamálið í radonhúsum tengist þessu radíni. Skýringin er sú að radín sundrast og þá myndast *radon*. Það sundrast svo sjálft og verður að öðrum efnum sem nefnast dótturefni radons.

Dótturefni radons eru eindir sem loða auðveldlega við rykagnir í andrúmsloftinu. Eindirnar geta því borist með lofti niður í lungun. Þegar dótturefnin sundrast senda þau frá sér geislun í lungunum. Þetta veldur aukinni áhættu á krabbameini. Það er því ekki heppilegt að búa í húsi þar sem dótturefni radons eru í miklum styrk og reykja þar að auki. Þá aukast enn líkurnar á að fá krabbamein.

Ráða má bót á vandanum, sem skapast af radoni í áður nefndum radonhúsum, með því að bæta loftræstinguna. Þá er fersku lofti blásið inn í húsið og það ryður radonmengun úr lofti út í umhverfið. Ef radonið berst upp í húsið frá berggrunninum er reynt að einangra gólfíð þannig að radonfrumeindir komist ekki inn í húsið.

Í berggrunninum hér á landi er mjög lítið af úrani (sem verður að radíni og svo að radoni) og mælingar gefa til kynna að styrkur radons sé afar lítill í hóbýlum hér. Við á Íslandi þurfum því ekki að hafa áhyggjur af radoni í umhverfi okkar en radon af náttúrulegum uppruna er helsti þátturinn í geislaálagi á almenning víða í Evrópu. Það er þó mikilvægt að kortleggja vel hvar radon kemur fyrir hér á landi og í hve miklum styrk, þó ekki væri nema til þess að geta sýnt fram á að styrkurinn sé afar lítill og radon því ekki áhyggjuefni líkt og víða í nálægum löndum.

ITAREFNI

RADON OG JARÐSKJÁLFTASPÁR

Geislavirka gastegundin radon verður til úr úrani sem finnst í öllu bergi. Aukið magn radons í grunnvatni mælist stundum á undan jarðskjálftum og má hugsanlega nota það til að segja fyrir um þá. Skömmu áður en stór jarðskjálfti ríður yfir vex spennan í berginu þannig að smásprungur myndast í því. Við það skolest radonið auðveldlega úr berginu út í grunnvatnið.

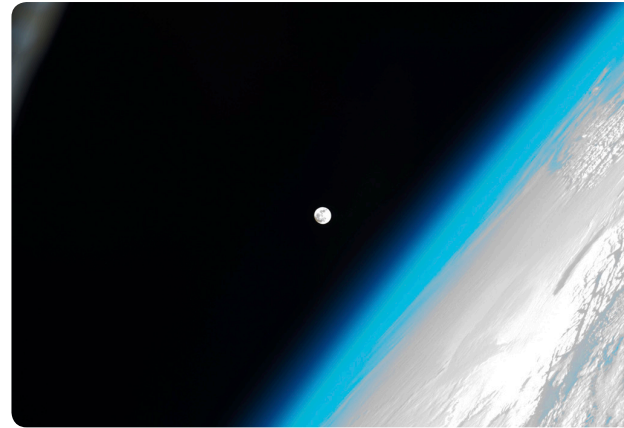
Í Suðurlandsskjálftunum árið 2000 mældust hærri gildi radons í borholum síðustu mánuði fyrir jarðskjálftana og í skjálftunum sjálfum snarhækkaði magn þess í grunnvatninu.



Í Suðurlandsskjálfta, sem varð 21. júní 2000, myndaðist þessi mikla sprunga við sumarbústað í landi Bitru í Flóa.

Allir verða fyrir geislun frá umhverfinu

Áhrifin, sem geislun hefur á okkur nefnist *geislaálag*, sem er mælt í *millisívertum* (mSv). Meðalgeislaálag á Íslendinga frá umhverfinu (náttúruleg geislun) er um 1 mSv á ári, sem er umtalsvert minna en í nálægum löndum. Ástæðan er sú að í berggrunninum hér er minna af geislavirkum efnum en víðast hvar annars staðar. Náttúruleg geislun er sett saman úr geimgeislun, geislun frá radoni, geislun frá berggrunninum og frá geislavirku kalíni sem er í líkama okkar frá náttúrunnar hendi. Auk þess verðum við fyrir manngerðri geislun, t.d. vegna notkunar geislunar í heilbrigðiskerfinu og frá geislavirkum efnum sem bárust í umhverfið við tilraunir með kjarnavopn á sjötta og sjöunda áratug síðustu aldar.



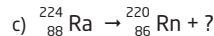
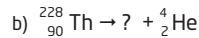
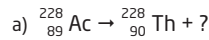
Jörðin verður stöðugt fyrir geislun frá geimnum. Hvíti depillinn á myndinni er tunglið.

SJALFSPRÓF UR 1.3

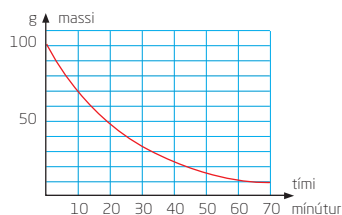
ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

- alfageislun • betageislun • gammageislun
- jónandi geislun • helmingunartími • geislaálag
- bakgrunnsgeislun • radonhús • geislaálag

1. Hvaða geislun er erfiðast að stöðva?
2. Hver er helsti munur á gammageislun annars vegar og alfa- og betageislun hins vegar?
3. a) Hvernig breytist frumeindarkjarni sem sendir frá sér alfageislun?
b) Hvernig breytist frumeindarkjarni sem sendir frá sér betageislun?
4. Geislavirkni efnis er mæld í bekerelum (Bq). Hvað merkir það þegar sagt er að geislavirknin sé 1 Bq?
5. Hvers vegna er lítil hættu á því að svokölluð radonhús finnist á Íslandi?
6. Línuritið sýnir svokallaðan sundrunarferil fyrir samsætuna $^{214}_{83}\text{Bi}$. Hver er helmingunartími samsættunnar?
7. Við getum lýst geislavirkri sundrun með formúlum. Ljúktu við formúlurnar hér fyrir neðan. Um hvaða geislun er að ræða í hverju tilvik?

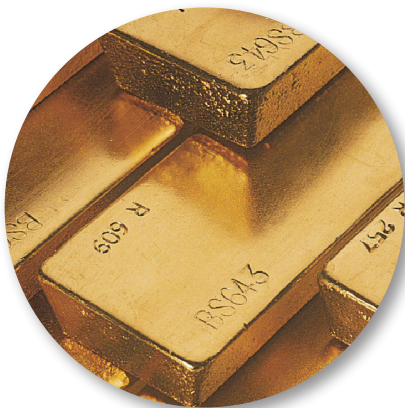


8. a) Hvað gerist í betageislun?
b) Lýstu því með formúlu hvernig betaeind verður til.
9. Geislun frá geislavirku efni minnkar niður í fjórðung á 40 mínútum. Hver er helmingunartími efnisins?



Kjarnorka er eitt margra orkuforma:

raforka
varmaorka
geislunarorka
efnaorka
aflfræðileg orka
stöðuorka
hreyfiorka
kjarnorka



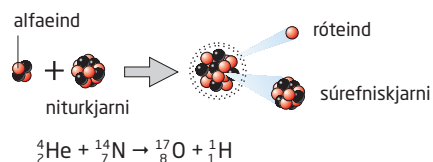
Í kjarna kvikasilfursfrumeindar eru 80 róteindir. Ef við skjótum nifteind á kjarnann tekur hann nifteindina til sín og lætur þá strax frá sér róteind. Eftir verður frumeindarkjarni með 79 róteindum – gull.

1.4 Kjarnorka

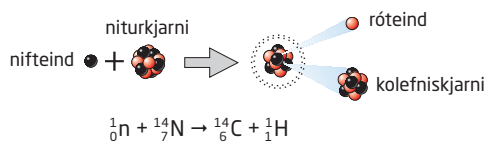
Kjarnorkuver með klofnunarofnum framleiða um það bil 15% af allri orku heimsins. Kjarnorkuslysin, sem urðu í Tsjernóbýl í þáverandi Sovétríkjum árið 1986 og í Fukushima í Japan árið 2011, sýndu þó rækilega fram á það að veruleg áhætta fylgir því að reka slík ver. Margir vísindamenn eiga sér því þann draum að smíða samrunaofn í stað klofnunarofna en kjarnasamruni er ferlið sem skapar orku í stjörnunum. Rannsóknir á þessu sviði hófust eftir 1970 en mönnum hefur enn ekki tekist að smíða samrunaofna sem framleiða orku.

Við getum smíðað frumefni

Breska eðlisfræðingnum *Ernest Rutherford* tókst fyrstum manna að breyta einu frumefni í annað árið 1919. Þetta gerðist þegar hann vann að tilraun þar sem hann var að kanna allt aðra hluti. Rutherford skaut alfaeindum, það er að segja helínkjörnum, á nitur. Þegar alfaeind skellur á kjarna niturs verður til nýr og óstöðugur kjarni. Hann sundrast nánast þegar í stað og lætur þá frá sér róteind. Eftir verður kjarni súrefnis.



Á svipaðan hátt getum við smíðað kolefni með því að nota nitur sem hráefni. Við skjótum nifteind á niturkjarna. Þá myndast óstöðugur kjarni sem sendir strax frá sér róteind. Eftir verður kjarni kolefnis.



Við getum líka smíðað gull með því að skjóta nifteindum á frumeindarkjarna kvikasilfurs. Það er hins vegar miklu ódýrara að kaupa gull en búa það til á þennan hátt.

Hægt er að kljúfa frumeindir

Um og eftir 1930 hófu nokkrir vísindamenn tilraunir þar sem þeir skutu nifteindum á frumeindarkjarna. Þeir höfðu gert merkilegar uppgötvanir áður en síðari heimsstyrjöldin hófst árið 1939. Þegar þeir skutu nifteindum á samsætu úrans klofnaði úrankjarninn í tvo hluta og um leið losnaði orka úr læðingi. Fyrsta *kjarnaklofnunin* af völdum manna var orðin staðreynd.

Við svona kjarnaklofnun losna tvær eða þrjár nifteindir. Þær geta svo sjálfar klofið nýja úrankjarna og við það losna enn fleiri nifteindir. Við þetta ferli fer af stað svokölluð *keðjuverkun*.

Ný þekking? – ný tegund af sprengju

Þessi nýuppgötvaða þekking á því hvernig kljúfa mátti úrankjarna varð afar mikilvæg í síðari heimsstyrjöldinni. Menn nýttu sér hana til þess að smíða nýja tegund af sprengjum – *kjarnorkusprengju*.

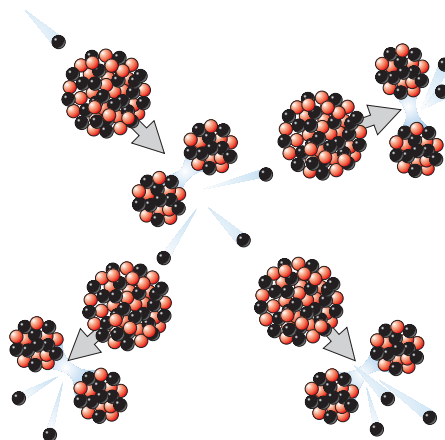
Þegar kjarnorkusprengja springur klofna milljarðar frumeindarkjarna á sekúndubroti. Keðjuverkunin er stjórnlaus og gríðarmikil orka losnar úr læðingi. Sprengingin verður óskapleg.

Albert Einstein var mikill friðarsinni en hann skrifaði þó bréf til forseta Bandaríkjanna og lýsti yfir stuðningi sínum við það að reynt yrði að smíða kjarnorkusprengju til að nota í styrjöldinni gegn Þýskalandi. Sprengjunni var þó aldrei beitt gegn Þjóðverjum en hins vegar í tvígang gegn Japönum og yfir 100 000 manns fórust. Fyrri sprengjan var hlaðin úrani og sleppt yfir borginni Hiroshima þann 6. ágúst 1945. Þremur dögum síðar var annarri sprengju sleppt yfir borginni Nagasaki. Í henni var annað frumefni, plúton, þar sem kjarnarnir geta klofnað svipað og í úrani.

Nú er vitað að Bandaríkin, Rússland, Bretland, Frakkland, Kína, Ísrael, Indland og Pakistan ráða yfir kjarnavopnum. Óvissa ríkir um það hvort fáein önnur lönd, einkum Norður-Kórea, hafi yfir kjarnorkuvopnum að ráða. Sameinuðu þjóðirnar reyna með öllum ráðum að koma í veg fyrir að fleiri ríki komi sér upp kjarnorkuvopnum.



Eðlisfræðingurinn *Lisa Meitner* og systursonur hennar, *Otto Frisch*, útskýrðu hvernig kljúfa mætti úrankjarna í tvo hluta.

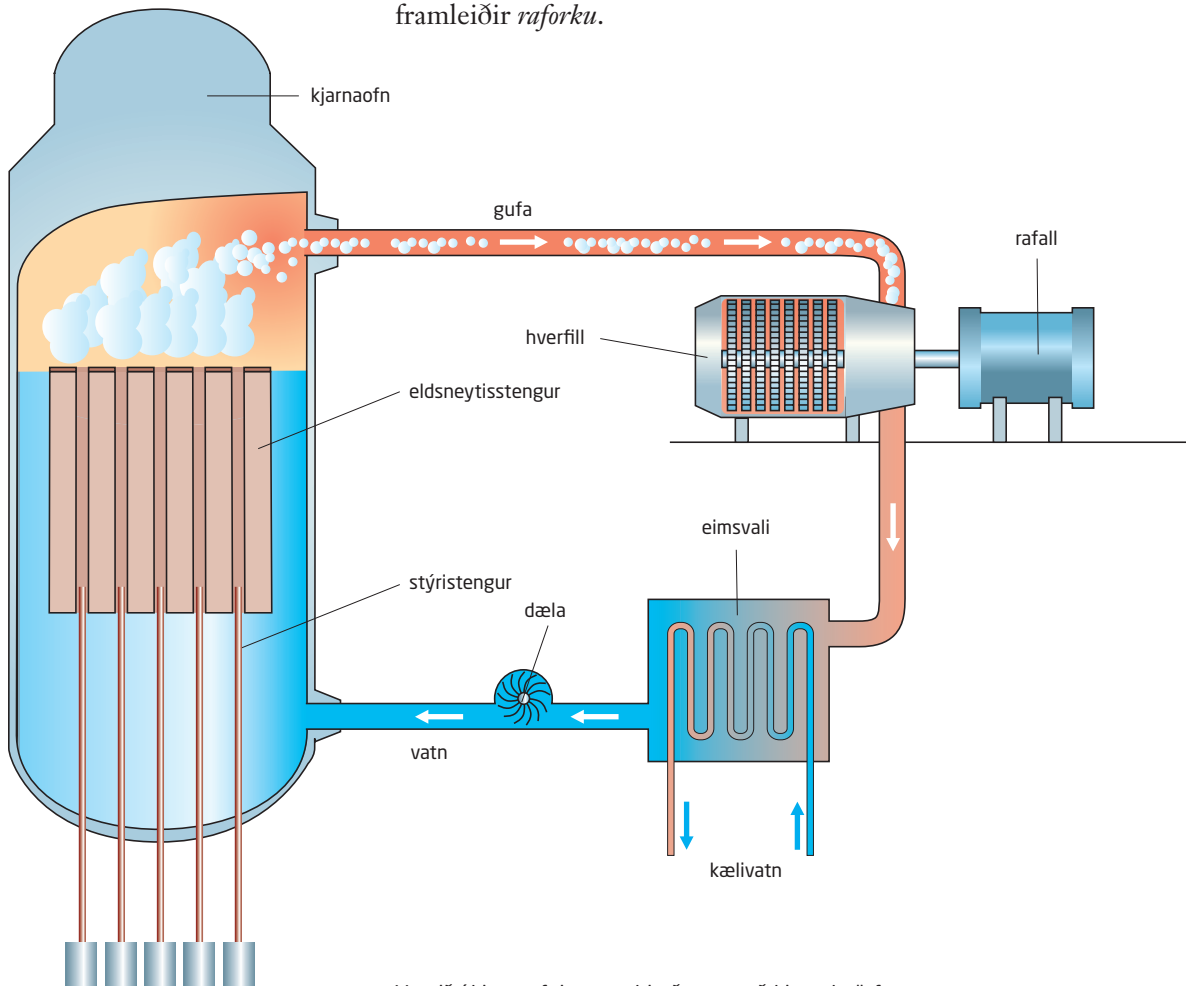


Svona verður keðjuverkun. Þegar frumeindarkjarni klofnar losna tvær eða þrjár nifteindir sem geta síðan sjálfar klofið nýja úrankjarna og þannig koll af kolli.

Ný þekking – nýr orkugjafi

Á sama tíma og vísindamenn unnu að þróun sprengna þar sem frum-eindarkjarnar klofna í stjórnlausri keðjuverkun unnu aðrir vísindamenn að því að finna aðferðir til þess að hafa stjórn á keðjuverkuninni. Unnið var að þessum rannsóknum í síðari heimsstyrjöldinni en skriður komst fyrst á þær eftir að styrjöldinni lauk. Vísindamenn, svo og stjórnmálamenn, sáu fyrir sér að þarna væri algerlega nýr orkugjafi og ný orka – *kjarnorka*.

Hugmyndin um beislun kjarnorku byggist að hluta á sömu lögmálum og orkuver sem knúið er með olíu eða kolum. Vatn er hitað upp og látið sjóða. Gufan, sem þá myndast, knýr *hverfil* og hann knýr svo *rafal*. Rafallinn framleiðir *raforku*.



Vatnið í kjarnaofninum er hitað upp með kjarnahvörfum. Gufan, sem myndast, knýr hverfil. Hann knýr síðan rafal sem framleiðir rafmagn.

Pannig virkar kjarnaofn

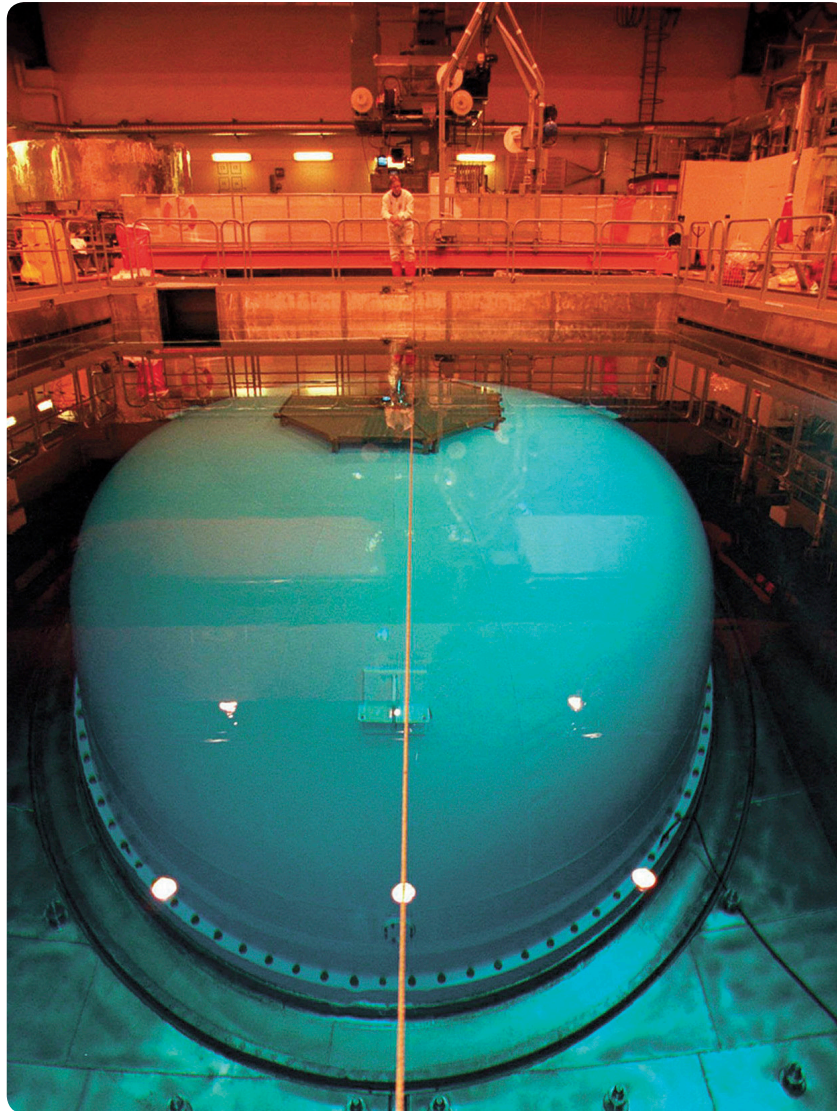
Í kjarnorkuveri eru *kjarnaofnar*. Kjarna-klofnunin á sér stað í kjarnaofnunum. Eldsneytið í kjarnaofni er úrantvíoxíð. Það er í litlum sívalningum á stærð við sykurmola. Sívalningunum er komið fyrir í ofninum í *eldsneytisstöngum* sem eru um það bil metri á lengd.

Þegar nifteindir rekast á úrankjarna í eldsneytisstöngunum klofna kjarnarnir og þá losna nýjar nifteindir. Um leið losnar mikil orka. Orkan hitar vatnið í ofninum og það tekur að sjóða. Gufan, sem þá myndast, er leidd inn í hverfil sem knýr rafal og hann framleiðir rafmagn.

Við keðjuverkunina má hraði nifteindanna ekki vera of mikill og þess vegna þarf að hafa hemil á þeim, hægja á þeim. Vatnið í kjarnaofninum sér til þess. Nifteindir hægja meira á sér í vatni en í lofti vegna þess að þær rekast á vatnssameindirnar. Vatnið gegnir hlutverki sem *hemilefni*.

Í kjarnaofninum eru enn fremur *stýristengur*. Þær eru notaðar til þess að ákvarða hversu hratt keðjuverkunin gengur fyrir sig. Í stýristöngunum eru efni sem fanga nifteindirnar í kjarnaofninum. Ef stýristengurnar eru látnar ganga lengra inn í kjarnaofninn fækkar nifteindunum og þá fækkar um leið þeim frumeindarkjörnum sem klofna. Þegar stengurnar eru dregnar út aftur fjölga nifteindunum á ný og þá fjölga þeim frumeindarkjörnum sem klofna. Stýristengurnar eru sem sagt notaðar til þess að auka orkuframleiðslu ofnsins eða draga úr henni.

Ef nauðsyn krefur geta menn á augabragði skotið öllum stýristöngunum samtímis inn í ofninn og stöðvað alla kjarnaklofnun. Þessi aðgerð nefnist *neyðarstöðvun*. Kjarnaklofnunin stöðvast með öllu vegna skorts á lausum nifteindum.



Allur kjarnaofninn er á kafi í vatni. Eldsneytisstengurnar eru inni í ofninum.

Kjarnorkuver í Oskarshamn í Svíþjóð.



Kjarnorkuver heimsins

Eftir síðari heimsstyrjöldina jókst orkuþörf mannkynsins gríðarlega. Menn virkjuðu fljótlega flest vatnsföll sem hægt var að virkja með góðu móti og til að mæta vaxandi þörf þurfti að nota aðra orkugjafa, einkum olíu og kol. En á þessum tíma höfðu menn náð tökum á kjarnorkunni og mörg ríki völdu þann kost að framleiða hluta raforku sinnar með kjarnorkuverum.

Þann 20. desember árið 1951 voru fjórar ljósaperur tendraðar í Idaho-ríki í Bandaríkjunum. Þarna var raforka frá kjarnorkuveri notuð í fyrsta sinn í heiminum. Fyrsta kjarnorkuverið, sem skilaði raforku inn á landsnet, var tekið í notkun árið 1956 á Englandi. Það skilaði alls 50 megavöttum í afköstum. Fjöldi kjarnorkuvera var byggður víða um heim, einkum á árunum 1970 til 1987. Slysinn í kjarnorkuverinu í Tsjernóbýl í Úkraínu 1986 (þá Sovétríkjunum) og í Fukushima í Japan 2011 urðu þó til þess að mjög hæðði á uppbyggingu kjarnorkuvera.

Í ársbyrjun 2015 voru 439 kjarnorkuver starfrækt í alls 31 landi. Heildarafl þeirra er 377 GW en til samanburðar má nefna að afl Fljótsdalsvirkjunar er 690 MW. Í smíðum eru á sama tíma alls 69 ver í 16 löndum með framleiðslugetu upp á 66 GW. Eftir kjarnorkuslysinn í Tsjernóbýl og Fukushima hafa menn lagt áherslu á að smíða öruggari kjarnorkuver og auka öryggið í þeim verum sem eru nú þegar í rekstri eða hætta að nota þau sem ekki fullnægja ýtrustu kröfum um öryggi.

Fjöldi kjarnorkuvera í Evrópu í byrjun árs 2016.



ÍTAREFNI

INES-KVARÐINN

Skýlt er að tilkynna Alþjóðakjarnorkumála-stofnuninni öll atvik og slys þar sem jónandi geislun kemur við sögu. Hverju atviki er síðan raðað eftir til þess gerðum kvarða. Kvarðinn nefnist INES-kvarði og er „INES“ skammstöfun á International Nuclear and Radiological Event Scale (Alþjóðlegur kvarði um óvænt atvik og slys vegna kjarnorku og geislunar). Kvarðinn skiptist í 7 þrep og kallast þrjú fyrstu þrepin atvik en öll hin flokkast sem slys. Í töflunni kemur fram hvernig þessi atvik og slys hafa verið flokkuð allt til dagsins í dag.

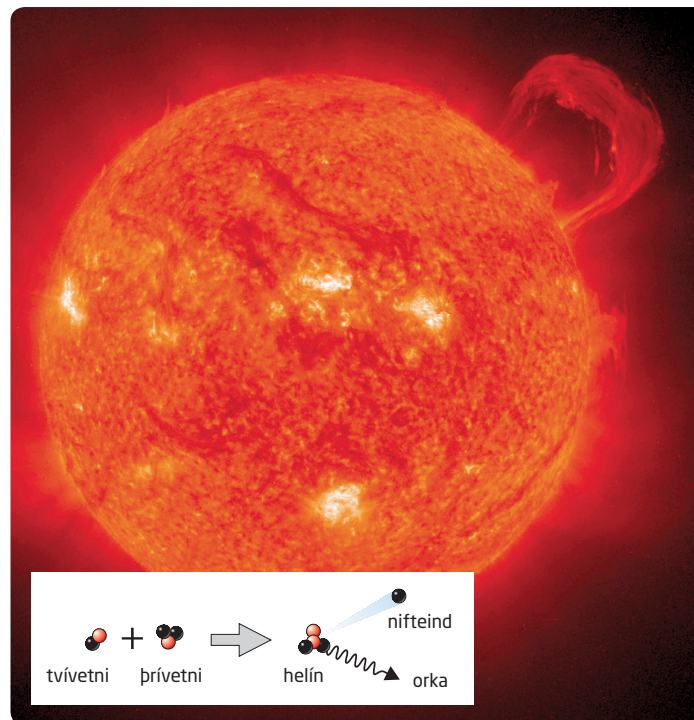
INES	Dæmi um atburð
7 Stórslys	Tsjernóbýl, Úkraína (1986) Fukushima, Japan (2011)
6 Alvarleg slys	Kysjty, Sovétríkjunum, nú í Rússlandi (1957)
5 Slys sem skapar hættu fyrir umhverfið	Priggjamílnaeyja (Three Mile Island), Bandaríkjunum (1979)
4 Slys án hættu fyrir umhverfið	Tokaimura, Japan (1979)
3 Alvarleg atvik	Sellafield, Stóra-Bretlandi (2005)
2 Atvik	Forsmark, Svíþjóð (2006)
1 Frávik	

Samruni – orka með aðferð sólarinnar

Kjarnorka verður ekki bara til á Jörðinni. Í öllum stjörnum alheimsins losnar gríðarlegt magn af kjarnorku. Í þessum stjörnum myndast orkan þó ekki við klofnun frumeindarkjarna. Þess í stað renna léttir frumeindarkjarnar saman og mynda þyngri kjarna. Þetta gerist í ferli sem nefnist *kjarnasamruni*. Það er einmitt þetta sem á sér stað í sólinni okkar. Þar renna frumeindarkjarnar vetnis saman og helín myndast fyrst en síðar enn þyngri frumeindarkjarnar. Ein skýringin á því að þetta ferli geti átt sér stað er að hitinn í iðrum sólarinnar er 20 milljón gráður á selsíuskvarða.

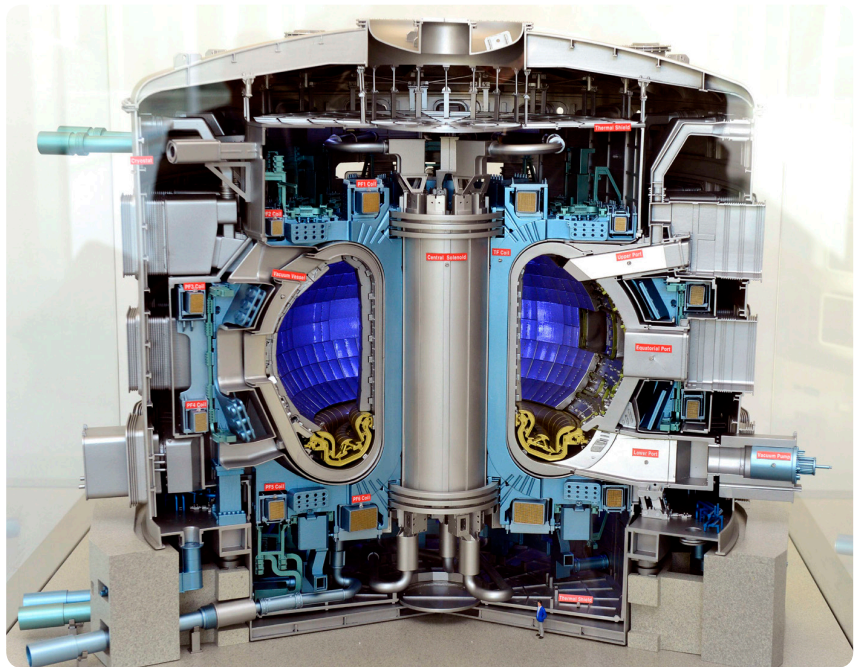
Vetnissprengjan

Í vetnissprengju renna frumeindarkjarnar vetnis saman og verða að helínkjörnum. Þessi samruni getur ekki átt sér stað nema við gríðarlegan þrýsting og við hita sem nemur nokkrum tugum milljóna í gráðum talið. Vegna þessa nota menn klofnunarsprengju til þess að koma vetnissprengju af stað. Samrunasprengjur eru mörg þúsund sinnum öflugri en klofnunarsprengjur og afli þeirra eru í raun engin takmörk sett.



Myndin sýnir dæmi um kjarnasamruna: Kjarnar tvívetnis og þrívetnis renna saman og mynda helínkjarna ásamt nifteind og orku.

ITER er heiti á fjölþjóðlegu samstarfsverkefni þar sem markmiðið er að smíða samrunaofn sem skilar meiri orku en þarf til að reka hann. Stefnt er að því að taka ofninn í notkun árið 2020.



Er kjarnasamruni lausn á orkuvanda mannkyns?

Vísindamenn hefur lengi dreymt um að smíða *samrunaofn*. Samruni hefur marga kosti umfram kjarnaklofnun. Fyrst má nefna þá staðreynd að framboð af vetni er því sem næst óendanlegt. Magn vetnis í höfunum er nánast óþrjótandi. Ein matskeið af þungu vetni getur skilað jafnmikilli orku og 20 tonn af kolum. Þá verður geislavirkur úrgangur miklu minni en frá kjarnorkuverum nútímans. Úrgangurinn frá samrunaofni verður auk þess skaðlaus á aðeins 100 árum. Úrgangurinn frá kjarnorkuverum sem nota kjarnaklofnun verður hins vegar ekki skaðlaus fyrr en í fyrsta lagi eftir 100 000 ár.

Nú er unnið að rannsóknum á samruna og til þeirra eru notaðir tugir tilraunaofna. Stærstur þeirra er fjölþjóðlegur ofn, kenndur við ITER, sem er í smíðum í sunnanverðu Frakklandi („iter“ er latína og merkir „ferð“ eða „stefna“). Að þessu ITER-verkefni vinna yfir eitt þúsund vísindamenn frá Bandaríkjunum, Evrópusambandinu, Indlandi, Japan, Kína, Rússlandi og Suður-Kóreu.

Samrunaofninn í Frakklandi (mynd efst á síðu) er nú í smíðum og verður eins og kleinu-hringur eða hringlaga sundkútur í laginu. Þar verða vetniskjarnarnir hitaðir upp í um það bil 150 milljón stiga hita svo að þeir geti runnið saman. Ekkert efni er þekkt sem þolir svo háan hita og þess vegna er ætlunin að halda vetniskjörnunum á sínum stað með mjög sterku segulsviði.

Til stóð að þessi tilraunaofn yrði tekinn í notkun árið 2020 en líklega verður töf á því. Enginn vísindamaður getur þó svarað því með vissu á þessari stundu hvort samrunaorkuver muni sjá okkur fyrir orku í framtíðinni.

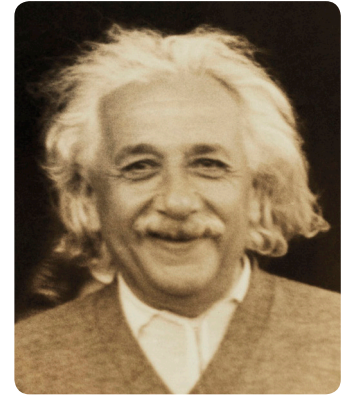
Formúlan fræga

Kjarnaklofnun og kjarnasamruni eiga það sameiginlegt að massi eldsneytisins er meiri en massi efnisins sem myndast við kjarnahvörfin. Sá *massi* sem hverfur í kjarnahvörfum umbreytist í *orku*. Þetta hafði Albert Einstein sagt fyrir um þegar árið 1905.

Einstein reiknaði út að mjög lítill massi efnis svaraði til óheyrilega mikillar orku. Hefur þú séð formúluna $E = m \cdot c^2$? Þessi formúla er án vafa þekktasta formúla vísindanna nú á dögum. Hvað skyldi hún þá eiginlega segja okkur? Úr henni lesum við að örlítið magn af efni býr yfir gríðarlega mikilli orku. Ef við gætum tekið stein með massanum 1 kg og umbreytt honum algerlega í orku gæfi hann orku sem svaraði nokkurn veginn til allrar þeirrar orku sem við Íslendingar notum á heilu ári.

Lítum nánar á þessa merkilegu formúlu. E táknar orkuna í júlum, m er massinn í kílógrömmum og c er hraði ljóssins í metrum á sekúndu. Hraði ljóss er mjög há tala (300 000 000 m/s) og í jöfnunni er þessi stærð auk þess margfölduð með sjálfri sér. Þess vegna er gríðarlega mikil orka í jafnvel minnsta rykkorni.

Einstein setti þessa jöfnu fram á fræðilegum grunni en gat ekki sannreynt hvort hún stæðist í raunveruleikanum. Það var ekki fyrr en nokkru síðar sem menn gátu beinlínis staðfest að Einstein hafði haft rétt fyrir sér.



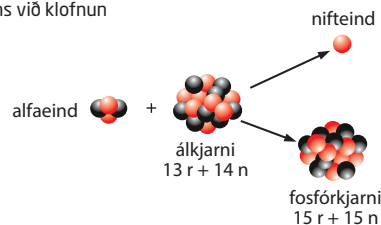
Árið 1905 reiknaði Einstein út að mjög lítill massi efnis svaraði til gríðarlega mikillar orku.

SIÁLESPRÓF ÚR 1.4

ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

• kjarnaklofnun • kjarnasamruni • keðjuverkun • rafall • stýristöng • hverfill • hemilefni

1. Hvaða efni er eldsneytið í kjarnorkuverum?
2. Hvar á kjarnaklofnunin sér stað í kjarnorkuveri?
3. Vatn gegnir einkum tveimur hlutverkum í kjarnaofni. Hver eru þau?
4. Í hvaða landi á Norðurlöndunum eru flest kjarnorkuver?
5. Hvernig er neyðarstöðvun framkvæmd í kjarnaofni?
6. Á hvaða tvær borgir var kjarnorkusprengjum varpað undir lok síðari heimsstyrjaldarinnar?
7. Hvaða eðlisfræðingur sýndi fram á að efni gæti breyst í orku?
8. Hvað verður um massa eldsneytisins við klofnun eða samruna?
9. Myndin sýnir hvernig menn geta látið ál breytast í fosfór. Sýndu kjarnahvarfið með formúlu.
10. Róteind er skotið á litínsamsætu með massatöluna 7. Þá myndast óstöðug samsæta sem sendir strax frá sér nifteind. Sýndu formúluna sem lýsir ferlinu.
11. Sykurmoli hefur massann 3 g. Ímyndaðu þér að þú getir breytt sykurmolanum algerlega í orku. Hversu mikil orka myndi þá losna?
12. Samkvæmt formúlu Einsteins eru massi og orka tvær hliðar á sama máli. Þýðir þetta þá að
 - a) ný rafhlaða hafi meiri massa en ónýt rafhlaða?
 - b) heitt straujárn hafi meiri massa en kalt straujárn?



Í BRENNIDEPLI

Kjarnaofn jafngildir 500 vindmyllum!

Afköst meðalstórs kjarnaofns eru um það bil 1000 MW. Meðalafköst vindmyllu eru hins vegar aðeins um 2 MW. Þetta þýðir að einn kjarnaofn framleiðir álíka mikla orku og 500 vindmyllur.



TIL UMRÆÐU

- Hversu mörg kjarnorkuver eru nú á Norðurlöndum?
- Að hve miklu leyti geta vindmyllur leyst kjarnorkuver af hólmi?

KJARNORKA – KOSTIR OG GALLAR

Úran - eldsneyti kjarnaofna

Úran er ekki endurnýjanlegur orkugjafi. Framboð á úrani í heiminum er þó allmikið miðað við það magn sem þarf árlega til að reka kjarnorkuver heimsins eins og nú standa sakir. Ef kjarnorkuverum mundi fjölga verulega gæti það hins vegar breyst. Árið 2013 voru alls unnin um 59 000 tonn af úrani í öllum ríkjum heims. Mest er unnið af úrani í Kasakstan og Kanada en síðan koma Ástralía, Níger, Namibía, Rússland og Úsbekistan. Myndin sýnir úrannámu í Ástralíu.



TIL UMRÆÐU

- Ljósmyndin sýnir að gríðarlegt umhverfisrask getur fylgt vinnslu úrans. Kjarnorkuslysín í Tsjernóbýl og Fukushima hafa einnig kennt okkur lexíu um hættuna sem fylgir kjarnorkuverum. Samt sem áður telja sumir að það sé að mörgu leyti heppilegra að framleiða orku með kjarnorkuverum en með því að brenna kolum eða olíu. Ræðið um helstu kosti og galla kjarnorkvera.

Öryggi kjarnorkuvera

Nokkur alvarleg kjarnorkuslys hafa orðið á síðustu áratugum. Alvarlegustu slysin urðu í Tsjernóbýl í Úkraínu, á Priggjamílnaeyju í Bandaríkjunum og í Fukushima í Japan. Myndin hér sýnir skjálftaflóðbylgjuna þegar hún flæddi inn í kjarnorkuverið í Fukushima árið 2011. Vert er þó að nefna þá staðreynd að tiltölulega fá mannlíf hafa hingað til tapast í tengslum við kjarnorku miðað við þá orku sem kjarnorkuverin framleiða. Hlutfallslega flest mannlíf tapast við vinnslu og notkun á kolum.

Hvernig á að fara með geislavirka úrganginn?

Meðhöndla verður allan geislavirkan úrgang frá kjarnorkuverum á sérstakan hátt. Lítið virkan úrgang, til dæmis vinnufatnað, verður að geyma í 50 ár. Úrgang sem er í meðallagi virkur, til dæmis ýmsar síur og verkfæri, verður að geyma í steinsteyptum kössum í 500 ár. Hágeislavirkar leifar eldsneytis úr kjarnaofnum þarf fyrst að geyma í 40 ár í vatnsþróum og síðan er það fært á endanlegan geymslustað þar sem það þarf að vera í 100 000 ár. Ein aðferðin er að steypa eldsneytið í koparhylki og koma svo hylkjunum fyrir í heppilegu bergi á miklu dýpi.

TIL UMRÆÐU

- Hversu örugg heldur þú að kjarnorkuver séu?
- Af hverju heldur þú að að aldrei hafi komið til tals að reisa kjarnorkuver á Íslandi? Gæti það breyst í framtíðinni?



TIL UMRÆÐU

- 100 000 ár er óskaplega langur tími. Hver veit hvað getur gerst í þessum neðanjarðargeymslum á svo löngum tíma? Hvernig getum við gengið frá þessum hlutum þannig að það bitni ekki á komandi kynslóðum?

1. *kostur:* Gera endanlega geymslu neðanjarðar samkvæmt áætlun, þannig að næstu kynslóðir þurfi ekki að hafa áhyggjur af úrgangi „okkar“.

2. *kostur:* Halda áfram að geyma allan úrgang í bráðabirgðageymslum í von um að enn öruggari lausn finnist til endanlegrar geymslu.

Hvaða skoðun hefur þú á þessu?

SAMANTÉKT

1.1

Vísindaleg bylting

- Skömmu fyrir aldamótin 1900 gátu menn lýst krafti, hreyfingu, hljóði, ljósi, rafmagni og segulmagni. Vísindamenn töldu að eðlisfræði væri ekki flóknari en þetta og að ekkert nýtt ætti eftir að koma fram þessu til viðbótar.
- Nýjar tilraunir bentu til þess að frumeindir og sameindir væru til þrátt fyrir allt, þótt engum hefði tekist að sýna ótvírætt fram á tilvist þeirra í tilraun.
- Á um þrjátíu ára tímabili komust menn að því að frumeindir væru gerðar úr kjarna og rafeindum sem væru á sveimi umhverfis hann.
- Nýja eðlisfræðin lýsir innsta eðli náttúrunnar og dregur fram furðulegar staðreyndir á borð við þá að hreyfing frumeinda og rafeinda er handahófskennd.

1.2

Innri gerð frumeinda

- Frumeind er gerð úr jákvætt hlöðnum *kjarna* og umhverfis hann eru neikvætt hlaðnar *rafeindir* á sveimi.
- Ef þrjár eða fleiri rafeindir eru í frumeind eru þær á mismunandi hvelum. Hvelin eru táknuð með bókstöfunum K, L, M og svo framvegis.
- Í frumeindarkjarnanum eru *róteindir* og *nifteindir*. Róteindirnar eru jákvætt hlaðnar en nifteindirnar óhlaðnar. Báðar eindirnar hafa að öðru leyti svipaða eiginleika og kallast einu nafni *kjarnaeindir*.
- Róteindir hafa um það bil sama *massa* og nifteindir. Massi þeirra er um það bil 2000 sinnum meiri en massi rafeindar.
- *Sætistalan* segir til um fjölda róteinda í kjarnanum.
- *Massatalan* segir til um samanlagðan fjölda róteinda og nifteinda.
- Hvert frumefni hefur mismunandi *samsætur*. Kjarnarnir í samsætum sama frumefnis hafa allir jafnmargar róteindir en fjöldi nifteinda í mismunandi samsætum er misjafn. Massatalan er því ekki hin sama hjá mismunandi samsætum sama frumefnis.
- Ef frumeind bætir við sig orku færast ein eða fleiri rafeindir út á ytra hvel. Þegar rafeindirnar falla til baka á upphaflega hvelið senda þær frá sér orku, til dæmis sem blátt ljós. Ef lítill munur er á orku hvelanna losnar orkusnauðara ljós, til dæmis rautt ljós.
- Röntgengeislun verður til í massamiklum frumeindum þegar rafeind á einu af innstu hvelunum stekkur af hveli sínu og í stað hennar kemur rafeind frá ystu hvelunum. Röntgengeislun er mjög orkurík.

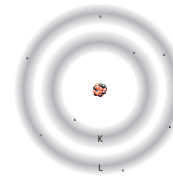
1.3

Geislavirk efni

- Af mörgum frumefnanna eru til samsætur með óstöðuga frumeindarkjarna. Samsætur af þessu tagi eru sagðar *geislavirkar*.
- Ef geislavirkur kjarni sendir frá sér geislun sundrast hann eða breytist verulega. Geislunin getur verið af þremur gerðum: *alfageislun*, *betageislun* eða *gammageislun*.



Rutherford uppgötvaði frumeindarkjarnann.



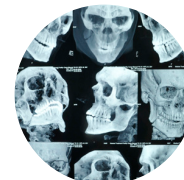
Súrefnisfrumeind með kjarna og hvelum.

massatala

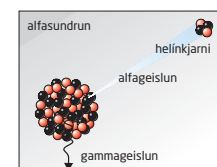


sætistala

Tákn fyrir algengustu samsætu súrefnis.



Röntgenmyndir, teknar með röntgengeislun.



Alfasundrun.

- Alfageislun er *alfaeindir* á ferð. Í einni alfaeind eru tvær róteindir og tvær nifteindir og hún er því jákvætt hlaðin. Alfaeind er það sama og helínkjarni.
- Betageislun er *betaeindir*. Betaeind er oftast rafeind og er þá neikvætt hlaðin en betaeindir geta líka verið jáeindir sem eru jákvætt hlaðnar.
- Gammageislun er rafsegulgeislun af sama tagi og sýnilegt ljós. Sá er þó munurinn að gammageislun er mun orkuríkari en ljósgeislun.
- Alfa-, beta- og gammageislun nefnast oft einu nafni *jónandi geislun*.
- *Helmingunartími* er sá tími sem það tekur helming frumeindarkjarnanna í geislavirku efni að sundrast.
- *Geislavirkni* er sá eiginleiki efnis að senda frá sér geislun án nokkurra ytri áhrifa og frumeindarkjarnar þess sundrast eða breytast verulega um leið, oft í kjarna annars frumefnis.
- Geislavirkni er mæld með geislaæli.
- Geislun frá geislavirkum efnum er meðal annars notuð til að greina sjúkdóma, til dæmis þegar teknar eru röntgenmyndir og við jáeindaskönnun. Jáeind er svokölluð andeind rafeindarinnar, jákvætt hlaðin en að flestu öðru leyti eins og rafeindin.
- Krabbameinsfrumur eru viðkvæmari en heilbrigðar frumur fyrir geislun. Þess vegna má nota geislun til að meðhöndla krabbamein og vinna bug á því.
- Geislaæli er notaður til að skrá alla geislun sem tiltekinn maður verður fyrir á ákveðnum tíma.

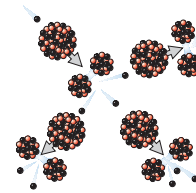
1.4

Kjarnorka

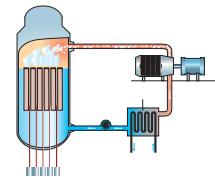
- Kjarnorka er eitt margra orkuforma.
- Eitt frumefni getur breyst í annað við geislavirka sundrun.
- Menn geta breytt einu frumefni í annað með því að skjóta á frumeindarkjarna með nifteindum.
- Kjarnorka losnar úr læðingi á tvennan hátt: við *klofnun* og við *samruna*.
- Við klofnun eru þungir frumeindarkjarnar klofnir í smærri kjarna og orka losnar. Klofnun kemur til dæmis við sögu í kjarnorkusprengingum og í kjarnaofnum.
- Í *kjarnorkusprengingu* klofna gríðarlega margir úrankjarnar á sekúndubroti. Keðjuverkunin er stjórnláus og mikil orka losnar úr læðingi.
- Í *kjarnaofni* hafa menn hemil á keðjuverkuninni. Við kjarnaklofnunina losnar varmi sem er notaður til að sjóða vatn. Þá myndast gufa sem knýr *hverfil*. Hverfillinn knýr svo *rafal* sem framleiðir rafmagn.
- Við kjarnasamruna renna léttir frumeindarkjarnar saman og til verða þyngri frumeindarkjarnar um leið og orka losnar. Í sólinni verður kjarnasamruni þegar vetniskjarnar renna saman og helínkjarnar myndast.
- Efni umbreytist í orku bæði í klofnun og samruna. Þetta gerist í samræmi við hina frægu formúlu Einsteins: $E = m \cdot c^2$.



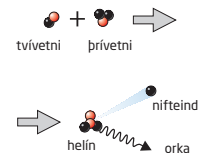
Geislaæli.



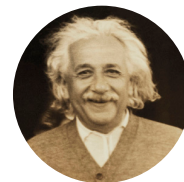
Keðjuverkun.



Kjarnaofn



Kjarnaklofnun.



$$E = m \cdot c^2$$

LOKAHNYKKURINN

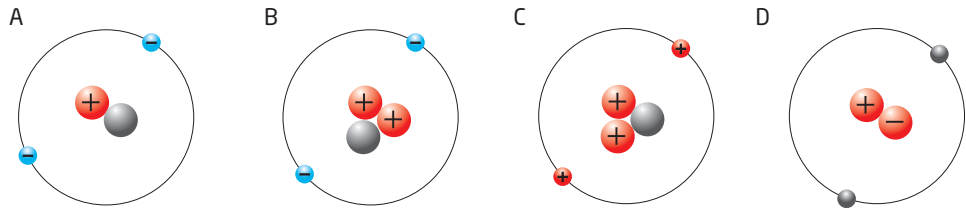
1

Tengdu hugtökin til vinstri við lýsingarnar til hægri.

- | | |
|-----------------|-------------------------------|
| 1 Kjarnasamruni | A Fjöldi róteinda í kjarnanum |
| 2 Nifteind | B Mælir geislun |
| 3 Sætistala | C Frumeindarkjarnar sundrast |
| 4 Geislaálag | D Óhlaðin eind |
| 5 Stýristengur | E Felst að mestu í rafeindum |
| 6 Kjarnaklofnun | F Frumeindarkjarnar sameinast |
| 7 Betageislun | G Mælist í millisívertum |
| 8 Geisla-mælir | H Eru í kjarnaofni |

2

a) Hver myndanna getur verið lýsing á innri gerð frumeindar?



- b) Hvað kallast eindirnar sem frumeind er gerð úr?
c) Hverjar þessara einda ákvarða hvert frumefnið er og á hvaða hátt?

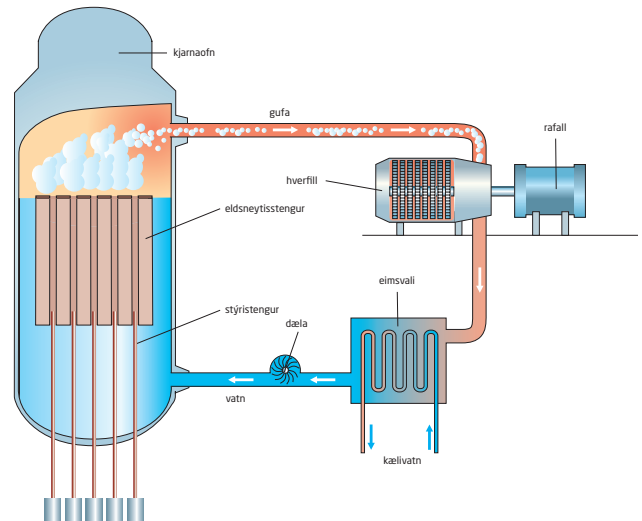
3

- a) Hver er munurinn á frumeind og jón?
b) Alfa-, beta- og gammageislun nefnast einu nafni jónandi geislun. Útskýrðu af hverju það er.

4

Hér er skýringarmynd af kjarnaofni.

- a) Hvaða hlutverki gegnir hverfillinn?
b) Hvað gerist í eimsvalanum?
c) Vatnið í ofninum er kallað hemilefni. Hvað er átt við með því?
d) Mörg kjarnorkuver eru nálægt sjó. Hver gæti skýringin verið á því?



- 5 Frumeind hefur massatöluna 20 og sætistöluna 9. Lýstu frumeindinni út frá öllum atriðum sem þú kannt skil á.
- 6 Jónandi geislun getur valdið krabbameini. Þrátt fyrir það beita læknar geislun til þess að meðhöndla krabbamein. Hver er skýringin á þessu?
- 7 Margar röksemdir hafa verið settar fram um kjarnorku. Nokkrar þeirra koma fram hér á eftir:

Kjarnorku fylgir úrgangur sem má nota í kjarnorkuvopn.

A



Kjarnorka er vistvæn.

B



Með kjarnorku má framleiða ódýrt rafmagn.

C



Ef slys verður geta stór landsvæði orðið óbyggileg.

D



Kjarnaofn getur sprungið á sama hátt og kjarnorkusprengja.

E



- a) Ein af þessum fullyrðingum er beinlínis röng. Hvaða fullyrðing er það?
- b) Veldu þá fullyrðingu sem þú telur jákvæðasta fyrir kjarnorku og aðra sem þér finnst neikvæðust.

- 8 Ímyndaðu þér að þú sért með 40 g af geislavirku efni sem hefur helmingunartímann 10 mínútur og 10 g af öðru geislavirku efni sem hefur helmingunartímann 20 mínútur. Eftir hversu langan tíma verður jafnmikið eftir af báðum geislavirku efnunum? (Búið til dæmis til töflu sem sýnir efnismagnið á 10 mín. fresti fyrir hvort efni um sig.)

- 9 Frumeind gulls hefur massatöluna 179. Radonfrumeind hefur massatöluna 222. Engu að síður hefur gull mun meiri eðlismassa en radon. Hver er skýringin á því?

- 10 Í heiminum eru hundruð kjarnaofna sem byggjast á kjarnaklofnun en enginn samrunaofn er í rekstri enn sem komið er.

- a) Hvers vegna er þetta svona?
- b) Hvaða kosti hefði samrunaofn umfram klofnunarofn?



Orkunotkun er algengt orð í nútímamáli. Það er þó í raun og veru órökrétt að nota þetta orð. Hver heldur þú að skýringin sé á því?

2

ORKUÖFLUN MANNKYNS

Mesta hagsmunamál framtíðarinnar

Mannkynið notar nú orkuna, sem hefur verið geymd í jarðskorpunni árþúsundum saman, í svo ríkum mæli að hún gengur ört til þurrðar. Auk þess veldur þessi mikla orkunotkun breytingum á loftslagi jarðar. Ef við eigum að geta komið í veg fyrir að illa fari verður mannkynið að fara að nýta orkuna betur og nota fremur endurnýjanlega orku á borð við sólarorku, vindorku og lífeldsneyti. Við megum engan tíma missa.



Hvaða hlutur á heimili þínu krefst mestrar orku? Hvað í heimilishaldinu krefst mestrar orku?



Hvaða orkugjafar eru mikilvægastir fyrir íslenskt þjóðfélag?

Í ÞESSUM KAFLA LÆRIR ÞÚ

- um það hvernig orka sólar flæðir um náttúruna og samfélagið og hvernig hún breytist úr einu formi í annað
- að ekki er hægt að eyða orku heldur breytist hún eingöngu úr einu formi í annað
- um muninn á endurnýjanlegum og óendurnýjanlegum orkugjöfum
- um mismunandi aðferðir til að framleiða rafmagn og um helstu kosti og ókosti hvernar aðferðar
- um það hvernig við getum framleitt orku á sjálfbæran hátt í framtíðinni
- hvernig brennsla jarðefnaeldsneytis hefur haft áhrif á loftslag jarðar
- hvernig kjarnorka getur gegnt mikilvægu hlutverki við að koma í veg fyrir aukin gróðurhúsaáhrif - en líka um áhættuna sem fylgir notkun þessara orkugjafa
- hvernig vel stæður hluti mannkyns eykur í sífellu orkunotkun sína og hvaða áhrif lífnaðarhættir okkar hafa á veðurfarið á Jörðinni
- að við verðum að breyta lífsháttum okkar til að draga úr gróðurhúsaáhrifum og þú lærir um þau pólitísku markmið sem þarf að stefna að til að það takist
- að ræða um það hvernig við getum gert orkuöflun okkar sjálfbæra

EFNI KAFLANS

2.1 Mismunandi form orkunnar

2.2 Endurnýjanleg orka er framtíðin

Í BRENNIDEPLI

Verður orkuöflun okkar orðin algerlega sjálfbær árið 2050?

2.3 Óendurnýjanlegir orkugjafar



Mismunandi form orkunnar

Orkunotkun mannsins hefur í för með sér breytingar á veðurfari Jarðar. Við þurfum þess vegna að finna nýjar lausnir sem breyta því hvernig við framleiðum og notum orku. Það tekur hins vegar tíma að breyta því hvernig við sjáum heimilum okkar, fyrirtækjum og flutningatækjum fyrir orku. Skipulagning, hönnun og smíði orkuvera nútímans tekur langan tíma. Við breytum heldur ekki lifnaðarháttum okkar nema á löngum tíma. Eitt fyrsta og mikilvægasta skrefið er að allir þegnar í öllum löndum verði betur upplýstir um orkumál. Við verðum öll að kynna okkur orkumálin betur og láta þau meira til okkar taka en við höfum gert fram til þessa. Öðruvísi getur mannkynið ekki komið í veg fyrir hnattræna hlýnun og alvarlegar loftslagsbreytingar um heim allan.

Sex mismunandi form orkunnar

Við tölum nánast daglega um *orku* í einhverju samhengi. Þrátt fyrir það getur verið erfitt að útskýra hvað orka er. Hún er ekki áþreifanlegt fyrirbæri og ekki gerð úr neinum frumeindum. Við vitum þó út frá tilraunum og útreikningum að orka er til. Umfram allt er hún afar nytsamleg, til dæmis þegar við framleiðum matvæli, hitum hlbýli okkar, matreiðum eða ferðumst milli staða.

Orka er alltaf í einhverju tilteknu orkuformi en hún getur breyst úr einu formi í annað. Mismunandi form orkunnar eru oft talin vera þessi:

- *raforka*
- *afþræðileg orka*
- *varmaorka*
- *geislunarorka*
- *efnaorka*
- *kjarnaorka*

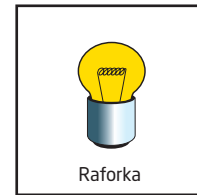


Við þurfum gríðarlega orku til að flytja okkur sjálf og allar vörur með fólksbílum, flutningabílum, strætisvögnum, rútum, vélhjólum og svo framvegis. Í ljós hefur komið að þessi mikla orkunotkun okkar hefur leitt til hnattrænnar hlýnunar.

Raforka

Raforka finnst hvar sem rafspenna myndast í náttúrunni. Það getur til dæmis verið spenna milli skýja í þrumuveðri. Spenna getur skapað rafstraum sem við notum til þess að knýja raftæki. Við höfum stöðugan aðgang að raforku frá rafveitum. Auðvelt er að flytja raforku en erfitt að geyma hana nema þá helst í öðru orkuformi, til dæmis í uppistöðulónum. Raforka er afar mikilvægt orkuform í samfélagi okkar og hún verður enn mikilvægari í framtíðinni. Raforka gegnir enn fremur sérstöku hlutverki vegna þess að öll önnur tæknileg orkukerfi þurfa raforku til þess að starfa eðlilega.

Frekari fróðleikur um raforku er í kaflahlutum 1.6 í Eðlisfræði 1 og 4.3 í Eðlisfræði 2.



Aflfræðileg orka

Aflfræðileg orka er safnheiti yfir *stöðuorku* og *breyfiorku*. Ef við lyftum til dæmis poka geymist vinnan sem stöðuorka pokans. Ef við sleppum pokanum fellur hann til jarðar. Stöðuorkan breytist þá í hreyfiorku.

Frekari fróðleikur um aflfræðilega orku er í kaflahluta 4.2 í Eðlisfræði 2.



Varmaorka

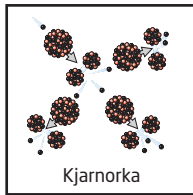
Varmaorka, eða varmi, er í ströngum skilningi ekki sérstakt orkuform því að varmi byggist á hreyfingu frumeinda og sameinda. Því hærri sem hitinn er þeim mun hraðari er hreyfing frumeindanna. Því mætti segja að varminn sé í raun *breyfiorka*. Það er hins vegar venja að líta á varma sem sérstakt orkuform og svo verður gert hér.

Mikla orku þarf til dæmis til að hita upp húbýli okkar og til að hita vatn, jafnvel þótt hitaveita kunni að vera á staðnum. Það fer líka mikil orka forgörðum þegar orkan breytist úr einu formi í annað, ekki síst þegar við nýtum varma eða reynum að breyta honum í önnur orkuform. Ef við kveikjum til dæmis upp í arni breytist efnaorka, sem er geymd í viðnum, í varmaorku sem berst um herbergið. Mikill hluti varmans hverfur þó upp um skorsteininn. Sú orka sem „týnist“ á þennan hátt nefnist *afgangsvarmi*.

Frekari fróðleikur um varmaorku er í kaflahluta 3.5 í Eðlisfræði 1.



Þegar logar í arninum fer mikill varmi út gegnum skorsteininn.



Kjarnorka

Kjarnorka

Kjarnorka er orkan sem fólgin er í kjörnum frumeinda. Með því að kljúfa þunga kjarna eða láta léttu kjarna renna saman getur hluti þessarar orku losnað úr læðingi. *Klofnun* (eða *kjarnaklofnun*) er það þegar þungir kjarnar klovna í aðra léttari. *Samruni* (eða *kjarnasamruni*) nefnist það þegar léttir frumeindarkjarnar renna saman í stærri kjarna. Bæði við klofnun og samruna frumeindarkjarna breytist efni í orku. Sú orka sem losnar umbreytist svo í önnur orkuform, til dæmis í *geislunarorku* og *varmaorku*.

Frekari fróðleikur um kjarnorku er í kaflahluta 1.4 í þessari bók.

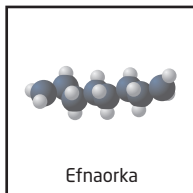


Geislunarorka

Geislunarorka

Sólin er langmikilvægasti orkugjafi okkar hér á Jörðinni. Án sólarinnar þrífist ekkert líf á þessari reikistjörnu. Í sólinni breytist kjarnorka í ýmsar myndir *geislunarorku*. Geislunin nær til okkar sem ljós, útfjólublá geislun, innrauð geislun og röntgengeislun. Munurinn á hinum ýmsu tegundum geislunar liggur í *bylgjulengdinni*. Því styttri sem bylgjulengdin er þeim mun orkuríkari er geislunin.

Frekari fróðleikur um geislunarorku er í kaflahluta 4.5 í Eðlisfræði 1.



Efnaorka

Efnaorka

Auðvelt er að geyma *efnaorku* og við nýtum okkur hana til dæmis í matnum sem við borðum. Mikil efnaorka er einnig í olíu, bensíni, gasi og kolum. Efnaorka breytist auðveldlega í *breyfiorku* og *varmaorku* við ýmiss konar efnahvörf. Þetta á sér meðal annars stað þegar frumur í líkama okkar brenna fæðunni sem við höfum borðað eða þegar við hitum hús okkar með því að brenna viði eða olíu. Rafgeymar og rafhlöður búa líka yfir efnaorku. Þegar við tengjum til dæmis peru við rafhlöðu breytist efnaorka í *raforku* og síðan í *geislunarorku* sem lýsir upp umhverfið.

Frekari fróðleikur um efnaorku er í kaflahluta 4.5 í Eðlisfræði 1.

Lögmálið um varðveislu orkunnar

Orka getur breyst úr einu orkuformi í annað. Orka getur hins vegar hvorki eyðst né getur ný orka myndast. Þegar orka breytist úr einu formi í annað er orkan í heild ávallt jafnmikil fyrir og eftir umbreytinguna. Þetta mikilvæga náttúrulögmál nefnist *lögmálið um varðveislu orkunnar* og er svohljóðandi:

Orka getur hvorki myndast né eyðst heldur getur hún eingöngu breyst úr einu formi í annað.



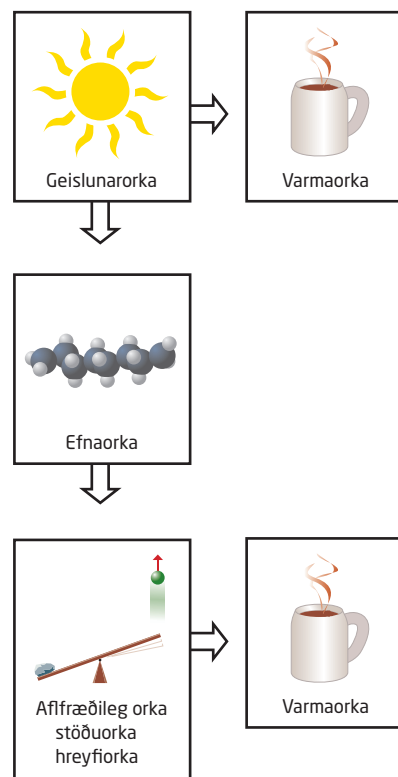
Þegar við hjólum breytist orka stöðugt úr einu formi í annað.

Umbreyting orkunnar við hjóleiðar

Ef við stígum á reiðhjólíð án þess að hafa borðað nýlega er hætt við að við finnum fljótlega fyrir skorti á orku. Hvers vegna gerist þetta? Skýringin er sú að vöðvarnir þurfa orku til þess að snúa pedölunum hring eftir hring og sú orka kemur úr matnum sem við borðum. *Efnaorka* er geymd í sameindum fæðunnar og hún losnar þegar frumurnar brenna sameindunum. Efnaorkan í sameindum fæðunnar er komin frá *geislunarorku* sólarinnar. Plöntur binda hluta sólarorkunnar sem efnaorku þegar þær ljóstillífa. Orkan, sem við notum til að hjóla, er þess vegna upphaflega komin frá sólinni.

Hvað skyldi gerast svo? Þegar við stígum hjólíð breytist efnaorkan í vöðvunum að hluta í *breyfiorku* hjá okkur og hjólinu. Hluti orkunnar tapast sem *varmi* þegar við hitnum og svitnum af því að stíga hjólíð og þegar hjólin núast við undirlagið. Þegar við hjólum upp brekku breytist líka hluti efnaorkunnar í *stöðuorku*. Því lengra sem við hjólum upp í brekkuna þeim mun meiri verður stöðuorkan. Þegar við förum niður brekkuna breytist stöðuorkan aftur í hreyfiorku. Við hendumst niður brekkuna án þess að þurfa að stíga hjólíð – yndislegt!

Að lokum stöðvum við hjólíð með handbremsunum. Bremsupúðarnir ýtast að gjörðunum og þá myndast viðnámskraftur sem verkar á móti hreyfingunni. Vegna núningsins milli púða og gjarða og milli dekkja og undirlags breytist hreyfiorkan í *varmaorku* og reiðhjólíð stöðvast.





Vatnsorka er Íslendingum mikilvæg orkulind. Hún byggir á stöðugri hringrás vatnsins og hæðarmun í landslaginu sem nýta má til virkjunar.



Búrfellsvirkjun í Þjórsá hóf að framleiða rafmagn árið 1969. Í Búrfellsstöð eru nú sex rafalar, en uppsett afl þeirra er samtals 270 MW. Fyrir dyrum stendur að byggja nýja aflstöð við hlið þeirra gömlu.

Vatnsorkuver framleiða raforku

Sólin knýr vatnsorkuver þegar öllu er á botninn hvolft. Starfsemi orkuversins byggist þó á margvíslegum orkuumbreytingum sem náttúran sjálf tekur þátt í.

Geislunarorka frá sólinni breytist í *varmaorku* hér á Jörðinni. Þá hitnar vatn í höfum og stöðuvötnum. Hluti vatnsins gufar upp og verður að gufu sem stígur upp í lofthjúpinn. Þegar vatnsgufan leitar upp kólnar hún og þéttist í vatnsdropa. Ský myndast uppi í lofthjúpnnum. *Varmaorkan* í vatninu hefur á þennan hátt breyst í *stöðuorku*. Síðan fer að rigna og þá breytist *stöðuorka* vatnsdropanna í *breyfiorku*.

Hluti regnsins fellur til jarðar á hálendi, rennur undan hallanum og safnast saman í einhverju vatnsfallinu, til dæmis í Þjórsá. Þjórsá er lengsta vatnsfall Íslands og á svæði hennar er rúmur fjórðungur af virkjanlegri vatnsorku landsins. Nú þegar hafa sex vatnsorkuver verið byggð til að nýta þetta næstvatnsmesta fljót Íslands og þverár þess. Við hvert orkuver er stórt lón og vatnið er leitt þaðan í pípum eða göngum niður til rafalanna sem framleiða rafmagnið. Vatnið býr yfir ákveðinni stöðuorku í lónunum miðað við yfirborð hafsins þar sem það gufaði áður upp en leitar nú aftur þangað. Vatnið er undir miklum þrýstingi þegar það kemur að hverflunum og þar breytist *stöðuorka* í *breyfiorku*. Hverflarnir snúa rafölum og þar breytist *breyfiorkan* í *raforku*.



Hvað er orkunýtni?

Þegar orka breytist úr einu formi í annað er það ekki þannig að öll orka umbreytist í það orkuform sem við sækjumst eftir. Þegar við hjólum og líkaminn hitnar höfum við engin bein not af þeim varma sem líkaminn myndar. Hið sama á við um alla venjulega flutninga. Þegar við ökum bíl breytist *efnaorka* í önnur orkuform. Þegar bensínið brennur í bílvél breytist hluti efnaorkunnar í *breyfiorku*. Þessi hluti orkunnar nefnist *nytjaorka* því að hún knýr bílinn áfram. Mikill hluti af efnaorku bensínsins breytist hins vegar því miður í *varmaorku* sem nýtist okkur lítið sem ekkert. Þessi hluti efnaorkunnar kallast *afgangssorka* (*varmatap*).

Til að geta tilgreint hversu stór hluti orku breytist í nytjaorku hafa eðlisfræðingar innleitt hugtakið *orkunýtni*. Orkunýtnin er gefin upp í prósentum og hún segir til um hversu mikill hluti af *upphaflegu orkunni* breytist í *nytjaorku* sem menn eru að sækjast eftir.

Orkunýtnin í bensínvél er um það bil 30%. Það merkir að aðeins um 30% af orku bensínsins nýtist til þess að knýja vélina. Afgangurinn hverfur sem varmaorka. Orkunýtni dísilvélar er um það bil 50% og orkunýtni rafmótors er um 80%.



Orkunýtni rafmagnsbíla er umtalsvert meiri en orkunýtni bensínbíla.

$$\text{orkunýtni} = \frac{\text{nytjaorka}}{\text{upphafleg orka}}$$

SIÁLFSPRÓF ÚR 2.1

ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

• stöðuorka • hreyfiorka • efnaorka • lögmálið um varðveislu orku • orkunýtni

1. Hvað heita orkuformin stöðuorka og hreyfiorka einu nafni?
2. Nefndu dæmi um það hvar efnaorka finnst.
3. Hvaða orkuform dettur þér helst í hug í tengslum við eftirfarandi:
a) róla? b) lýsandi pera? c) stjarna?
4. Varmi telst vera sérstakt orkuform. En af hverju má líka segja að varmi sé eiginlega hreyfiorka?
5. Lýstu þeim orkubreytingum sem verða í
a) rafmagnspeytara b) vasaljósi
6. Orkunýtni bensínvélar er um 30%. Hvað merkir þetta?
7. Rafmótor notar 2,5 A þegar hann er tengdur við 230 V spennu. Hvert er aflið ef orkunýtnin er 80%?
8. Krani lyftir báti 3,5 m beint upp á 20 s. Massi bátsins er 800 kg. Hversu mikið afl þarf kranninn ef orkunýtni hans er 80%?



Endurnýjanleg orka er framtíðin

Nú er brýnna en nokkru sinni að vísindamenn, stjórnámamenn og almenningur vinni saman að því að skapa sjálfbæra framtíð. Með þetta í huga hefur Evrópusambandið samþykkt að tryggja skuli að orka verði framleidd í framtíðinni án þess að koltvísýringur aukist í loftþjúpnum. Mikilvægasta skrefið til að ná þessu markmiði er að nota endurnýjanlega orkugjafa og að bæta orkunýtingu á öllum sviðum. Við hér á Íslandi stöndum einkar vel að vígi vegna þess að við notum hlutfallslega meira af endurnýjanlegri orku en aðrar þjóðir. Allt bendir til þess að þekking á sviði orkutækni verði enn mikilvægari í framtíðinni en hún hefur verið til þessa.



Við notum stöðugt fleiri tæki sem ganga fyrir rafmagni. Fátt er mikilvægara en að okkur takist að framleiða orku í framtíðinni án þess að styrkur koltvísýrings aukist í loftþjúpnum.

Orkunýting mannkyndar

Nú er orkunotkun okkar á Jörðinni um það bil tífalt meiri en hún var fyrir hundrað árum. Sú þróun á eftir að halda áfram. Ef við lítum bara til Íslands er ljóst að við höfum stuðlað að þessari þróun. Engin þjóð notar meiri orku á hvern íbúa en við. Þetta stafar einkum af mikilli orkunotkun í stóriðju. Raforkunotkun okkar Íslendinga rúmlega tvöfaldaðist frá árinu 2005 til 2013, fór úr rúmum átta milljónum megavattstunda (MWh) í rúmlega sautján milljónir megavattstunda.

Nú hefur vísindamönnum tekist að sýna fram á að bættir lífnaðarhættir þurfa ekki endilega að hafa í för með sér aukna orkunotkun. Við getum bætt líf okkar með því að nýta orkuna betur og með því að nota endurnýjanlega orkugjafa. Þessi breyting verður lykillinn að því að allar þjóðir heims geti þróast og bætt lífsskilyrði sín.



Temelín-kjarnorkuverið í Tékklandi. Í forgrunni sjást plötur með sólarrafhlöðum, svokallaðar sólarþiljur.

Metnaðarfull markmið í orkumálum til ársins 2020

Evrópusambandið hefur sett sér þrjú markmið sem snúa að orkuöflun. Markmiðin nefnast Evrópa 2020 og þjóðir Sambandsins eiga að hafa náð þeim árið 2020. Fyrsta markmiðið er að hlutfall endurnýjanlegrar orku á að vera 20% að lágmarki. Annað markmiðið snýst um að heildarorkunotkunin á að minnka um 20%. Þriðja og síðasta markmiðið er að losun gróðurhúsalofttegunda á að vera hið minnsta 20% minni en hún var árið 1990.

Tölugildin í þessum markmiðum eru meðaltöl fyrir öll ríki Evrópusambandsins og staðan innan ríkjanna er afar mismunandi. Það þýðir að þjóðirnar þurfa að bregðast misjafnlega við til að ná markmiðunum. Við Íslendingar erum aðilar að EES-samningnum og þessi markmið varða okkur að nokkru leyti. Ísland er þó ekki beinn þátttakandi að stefnumörkuninni Evrópa 2020 og er því ekki skuldbundið til að ná þessum markmiðum. Einkum yrði erfitt fyrir okkur að ná öðru markmiðinu.



Við erum vel sett hér á landi í orkumálum vegna þess hve stór hluti þeirrar orku sem við notum er endurnýjanlegur, aðallega orka frá vatnsorkuverum og jarðvarmavirkjunum.

Hnattrænt átak

Það er ekki bara skylda okkar Íslendinga og ríkja Evrópusambandsins að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda út í andrúmsloftið. Þetta er ábyrgð sem hvílir á öllum ríkjum heims. Ekkert eitt ríki eða ein heimsálfa getur leyst þennan vanda á eigin spýtur. Þess vegna hefur Evrópusambandið átt frumkvæðið að því að taka líka höndum saman við ríki utan Sambandsins.

Hverju þarf helst að breyta? Mikilvægast er að við hættum algerlega að nota *jarðefnaeldsneyti*, það er að segja *kol*, *olíu* og *jarðgas* til að hita hús okkar og hita vatn. Iðnfyrirtækin verða líka að hætta að nota jarðefnaeldsneyti. Þá er ljóst að draga verður verulega úr notkun olíu og bensíns á samgöngutæki og að lokum þarf að auka orkunýtnina á öllum sviðum frá því sem nú er.

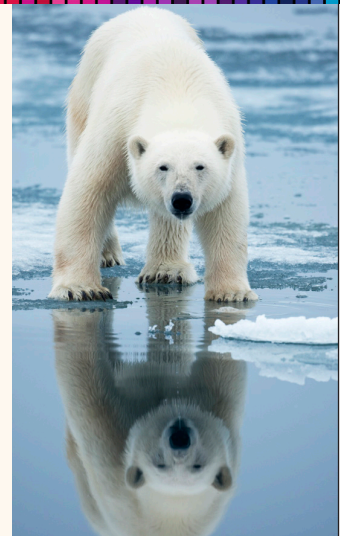
Evrópusambandið hefur sett sér það markmið að minnka losun koltvísýrings um 80–95% frá því sem var árið 1990. Þessi framtíðarsýn Sambandsins birtist í *Vegvísi um orkumál ESB* til ársins 2050. Við Íslendingar stöndum vel að vígi vegna þess hve hátt hlutfall endurnýjanlegrar orku er nú þegar hjá okkur en við þurfum að draga stórlega úr notkun á jarðefnaeldsneyti á bíla, skip og flugvélar.

ÍTAREFNI

VEGVÍSIR UM ORKUMÁL ESB 2050

Mannkynið notar sífellt meiri orku. Allt fram til ársins 1990 höfðu menn fyrst og fremst áhyggjur af því að ekki tækist að útvega alla þá orku sem þurfti. Nú eru áhyggjur okkar allt aðrar og annars eðlis. Ef við höldum áfram að nota jarðefnaeldsneyti í sama mæli og verið hefur mun það hafa enn frekari loftslagsbreytingar í för með sér. Meðalhiti á Jörðinni er þegar farinn að hækka og menn óttast að hlýnunin verði 2–4 °C og þá geti afleiðingarnar orðið mjög alvarlegar. Ríkin 27 í Evrópusambandinu hafa sameinast um framtíðarsýn sem

lýst er í *Vegvísi um orkumál ESB til ársins 2050*. Þau markmið, sem sett eru fram þar, varða öll ríki ESB, en þau snerta okkur Íslendinga einnig að hluta vegna veru okkar í Evrópska efnahagssvæðinu. Í þessum vegvísi eru línurnar lagðar um það hvernig við eigum að afla okkur orku án þess að styrkur koltvísýrings í andrúmsloftinu aukist. Mikilvægasta skrefið, sem taka þarf til að ná þessu, er að nota endurnýjanlega orkugjafa og bæta orkunýtni á öllum sviðum.





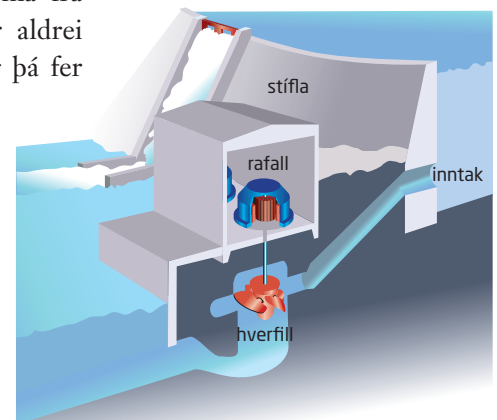
Hrauneyjafossvirkjun og Sigölduvirkjun (fjær) nýta jökulvatn úr Þórisvatni og Tungnaá. Samanlagt uppsett afl þeirra er 360 MW sem er nærri helmingur þess sem stærsta vatnsaflsvirkjun landsins, Fljótsdalsvirkjun, framleiðir.

Endurnýjanleg orka

Sumir orkugjafar endurnýjast stöðugt vegna orkuríkra geisla frá sólinni, til dæmis vatnsföll og ræktaðir skógar sem gefa af sér við sem er meðal annars notaður við stóriðju sem kolefnisgjafi. Vatnsafl og viður eru gott dæmi um *endurnýjanlega orkugjafa*. Næstum því 20% af þeirri orku, sem mannkynið notar, kemur nú frá endurnýjanlegum orkugjöfum. Þetta hlutfall verður þó að vaxa hratt ef okkur á að takast að koma í veg fyrir mikla hlýnun Jarðar. Á Íslandi er hlutfall endurnýjanlegrar orku rúmlega 80% og hún kemur einkum frá jarðhita og vatnsafl. Nýting háhitasvæða hefur leitt í ljós að fara þarf varlega í virkjun þeirra. Ef of mikið afl er virkjað er hætt við að framleiðslan minnki er fram líða stundir. Jarðhitinn er því ekki endurnýjanlegur nema að ákveðnu marki.

Vatnsaflíð gefur kannski hreinustu orkuna

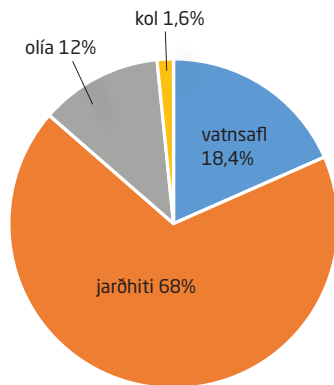
Um það bil 80% af allri raforku, sem notuð er á Íslandi, koma frá vatnsorkuverum. Vatnsaflíð er endurnýjanleg orka sem gengur aldrei til þurrðar. En til að safna vatninu í lón þarf að reisa stíflur og þá fer mikið land undir vatn, land sem var jafnvel gróðið áður og við þetta breytir náttúran mjög um svip. Neðan við stíflurnar þorna vatnsföllin oft upp, að minnsta kosti í hluta farveganna, og stundum er rennsli stórra fljóta breytt svo að útfallið verður á allt öðrum og nýjum stað. Allt kostar þetta mikið rask í náttúrunni og framkvæmdir af þessu tagi vekja oft miklar deilur í þjóðfélaginu. Sumar ár, til dæmis Hvítá í Árnessýslu, þykja svo dýrmætar náttúruperlur að líklega verða þær aldrei virkjaðar, þótt þær búi yfir miklu virkjanlegu afli. Árið 2013 samþykkti Alþingi að koma á svonefndri rammaáætlun sem er stjórnþeki til að auðvelda stjórnvöldum að ákveða hvaða orkuauðlindir skuli virkjaðar og hverjar ekki.



Vatnsorkuver nýtir hreyfiorkuna í streymandi vatni. Vatnið knýr stóra hverfla og þeir snúa svo rafölum sem framleiða rafmagn.



Kröfluvirkjun er skammt norðaustur af Mývatni. Uppsett afl hennar er 60 MW.



Magn innflutts eldsneytis hefur nánast staðið í stað síðustu tvo ártugi en nýting vatnsafls hefur þrefaldast og nýting jarðhitans næstum fjórfaldast á sama tíma.

Jarðhiti

Í iðrum jarðar á sér stað sundrun geisla-virkra efna og þá losnar varmi úr læðingi. Þessi varmi hitar upp jarðskorpuna og þess gætir einna helst á eldvirkum svæðum. Hér á Íslandi finnst *jarðhiti* (öðru nafni jarðvarmi), sem á uppruna sinn í þessum varma, víða um land og hann hefur verið nýttur um áratuga skeið með góðum árangri. Jarðhitinn á rætur að rekja til þess að úrkomuvatn, sem á greiða leið um sprungur og gegndræp jarðlög niðri í jarðskorpunni, kemst í snertingu við áður nefndan varma í berggrunnum,

hitnar og stígur upp og flytur þannig varmann til yfirborðs.

Jarðhitasvæði á Íslandi skiptast í *háhitasvæði* og *lághitasvæði*. Mikið er af bráðinni kviku í neðri hluta jarðskorunnar á gosbeltum landsins. Þessi kvika smeygir sér öðru hverju upp í grynri jarðlög og myndar svokölluð *kvikuinnskot* sem hita berglögin umhverfis þau. Heitast er bergið í gos- og gliðunarbeltum landsins þar sem virku eldfjöllin okkar eru. Háhitasvæðin eru flest í nánd við virkar eldstöðvar og hiti grunnvatnsins þar getur farið vel yfir 200 °C á eins kílómetra dýpi. Lághitasvæðin eru utan gosbeltanna þar sem jarðskorpan er kaldari. Sum þeirra eru gömul háhitasvæði sem hafa færst frá gosbeltunum vegna landreks og kólnað niður fyrir 150 °C á eins kílómetra dýpi.

Íslendingar nota jarðhita í ríkum mæli og hann er án nokkurs vafa ein mesta auðlind þjóðarinnar. Reiknað hefur verið að sá jarðhiti, sem við notum til húshitunar á Íslandi, spari landsmönnum árlega 50–80 milljarða króna (tölur frá 2010) sem annars þyrfti að nota til að kaupa inn olíu til kyndingar. Lítil mengun í þéttbýli á Íslandi er einkum hitaveitunum að þakka. Fjölmargar sundlaugar eru mörgum mikil heilsubót og afþreying. Þá eru heitar lindir og laugar víða um land sem hafa mikið aðdráttarafl, bæði fyrir landsmenn og ferðamenn. Jarðhitinn er einnig nýttur í ylrækt við ræktun á grænmeti og blómum í gróðurhúsum landsins. Orkan, sem við Íslendingar fáum úr jarðhitanum, er um 68% af allri orku sem þjóðin notar. Um 18% fáum við úr vatnsafl og innflutt jarðefnaeldsneyti leggur til um 13% af þeirri orku sem við notum.

Vindmyllum fjölgar

Fyrstu vindmylluna á Íslandi reisti danskur kaupmaður árið 1830, við Suðurgötu 20 í Reykjavík og notaði hana til að mala korn. Kaupmaðurinn reisti síðan aðra vindmyllu í sama skyni þar sem nú eru gatnamót Bankastrætis og Þingholtsstrætis og nefndist sú mylla „hollenska myllan“. Hún var rifin árið 1902. Allmargar vindmyllur voru reistar víða um land, meðal annars í Vigur árið 1840 og stendur sú vindmylla enn. Á síðustu áratugum hefur áhugi á nýtingu *vindorkunnar* vaxið um allan heim, meðal annars hér á landi. Nú hafa nokkrar vindmyllur verið reistar hér á landi og framleiða þær rafmagn inn á landsnetið. Landsvirkjun reisti tvær vindmyllur á svokölluðu Hafi við Búrfell í Árnessýslu árið 2012 og hafa þær staðið undir þeim væntingum sem gerðar voru til þeirra og rúmlega það. Hvor þeirra framleiðir 900 kW. Nú eru uppi áform um að reisa svokallaðan *vindorkugarð* á Hafinu. Ætlunin er að setja þar upp 60–70 vindmyllur sem gætu framleitt um 200 MW af rafmagni.

Kosturinn við vindmyllur er einkum sá að þær menga ekki umhverfið. Helsti ókosturinn við rekstur þeirra er að vindurinn er víða óstöðugur og ef logn ríkir dettur framleiðslan að sjálfsögðu niður. Þess vegna verður að vera varaorkugjafi til taks. Aðrir ókostir eru þeir helstir að þær þykja lýti í umhverfinu, frá þeim er nokkur hvinur og nokkuð er um að fuglar fljúgi á spaðana og drepist.



Hollenska myllan í Reykjavík.
Myndin var tekin um árið 1885.

ÍTAREFNI

RAMMAÁÆTLUN – STJÓRNTÆKI TIL AÐ LEYSA ÁGREINING

Á Íslandi er framleidd meiri orka á hvern íbúa en í nokkru öðru landi heimsins. Við erum svo lánsöm að eiga ríkulegar orkuauðlindir og þær höfum við virkjað í sífellt auknum mæli á síðustu áratugum. Við höfum virkjað vatnsföllin, jarðhitann og nú síðast vindinn. Virkjun þessara auðlinda hefur alltaf í för með sér einhverjar breytingar á náttúru landsins og því er það eðlilegt að ágreiningur verði um nýtingu þeirra hjá þjóðinni. Ágreiningur hefur einkum risið vegna virkjunarframkvæmda, bæði við vatnsföll og á jarðhitasvæðum.

Rammaáætlun er stjórntæki sem sett var á stofn með lögum frá Alþingi árið 2013. Henni er ætlað að vera stjórnvöldum til aðstoðar við að nýta auðlindir þjóðarinnar í sem mestri sátt við íbúana. Þetta er því verkfæri sem er notað til þess að vega og meta ýmsa virkjunarkosti og niðurstaðan úr því starfi á að geta orðið ráðamönnum til ráðgjafar um vernd og nýtingu landsvæða.

Rammaáætlun er enn fremur ætlað að horfa til annarra auðlinda sem náttúra okkar býr yfir, svo sem til óbyggðra víðerna, jökla og kyrrðar sem ríkir á mörgum afskekktum stöðum landsins. Rammaáætlunin er einnig mikilvægt hjálpartæki stjórnvalda þegar taka þarf ákvarðanir sem geta haft áhrif á slíkar auðlindir.





Víða hefur góður árangur náðst í ræktun repju á Íslandi. Úr plöntunni má vinna repjuolíu sem er þrýðilegt lífildsneyti.

Lífildsneyti verður æ mikilvægara

Í mörgum nálægum löndum er löng hefð fyrir því að nota trjávið sem eldsneyti. Þetta tíðkaðist líka á Íslandi fyrr á öldum, allt þar til skógarnir gengu nánast til þurrðar, einkum vegna ofnýtingar. *Lífildsneyti* er eldsneyti unnið úr lífrænu efni, oft beint úr plöntum en líka óbeint úr alls kyns úrgangi sem fellur til í landbúnaði, iðnaði og á heimilum. Í þessum úrgangi er *lífmassi* sem býr yfir nýtanlegri efnaorku. Þessum lífmassa má breyta í ýmis orkurík og heppileg efni með þrenns konar aðferðum: *hitun*, *efnafræðilegum aðferðum* eða *lífefnafræðilegum aðferðum*. Þá fæst ýmist fast lífildsneyti, fljótandi lífildsneyti eða lífildsneyti í gasformi (lífgas). Lífildsneyti er víða mikið notað nú orðið, einkum vegna þess að jarðefnaeldsneyti hefur hækkað í verði.

Segja má að lífildsneyti sé endurnýjanlegur orkugjafi en þó aðeins ef þess er gætt að plantað sé til dæmis til nýs skógar áður en sá sem fyrir er verður felldur til að afla eldsneytis. Þá verður engin aukning á koltvísýringi í andrúmsloftinu vegna brennslunnar. Nýi skógurinn, sem er að vaxa upp, bindur þann koltvísýring sem losnar við brennslu fellda skógarins.

ITAREFNI

LÍFDÍSILOLÍA FRAMLEIDD MEÐ ÞÖRUNGUM

Rannsóknir á notagildi þörunga til að framleiða lífildsneyti hafa nú leitt til þess að framleiðsla er hafin utan rannsóknarstofanna. Þessi framleiðsla byggist á því að sólin er látin skína á þörunga sem vaxa í gegnsæjum pípum með frárennslisvatni. Í þessu vatni er mikið af næringarefnum og ef sólin fær að skína á þessa ræktunarlausn vaxa þörungarnir hratt í pípunum. Þörungarnir eru síðan síðar úr lausninni og þá fæst mikill lífmassi sem er svo notaður til að framleiða lífdísil. Hægt er að framleiða lífdísil með öðrum aðferðum, til dæmis með því að rækta repju, maís eða sojabauur. Kosturinn við að nota þörunga til ræktunarinnar er einkum sá að þá þarf ekki að taka verðmætt akurlendi eða skóglendi til að framleiða orku.



Jarðvegsvarmi

Geislar sólar hita jörðina okkar stöðugt. Í nálægum löndum er hiti jarðvegs á um það bil eins metra dýpi 5-6 °C, jafnvel yfir háveturinn. Aðstæður hér á landi eru ekki jafnheppilegar, nema kannski á syðsta hluta landsins. Hiti jarðvegsins er breytilegur eftir veðurfari og því þarf að grafa svokallaða söfnunarslöngu dýpra á köldum stöðum en þar sem hlýrra er.

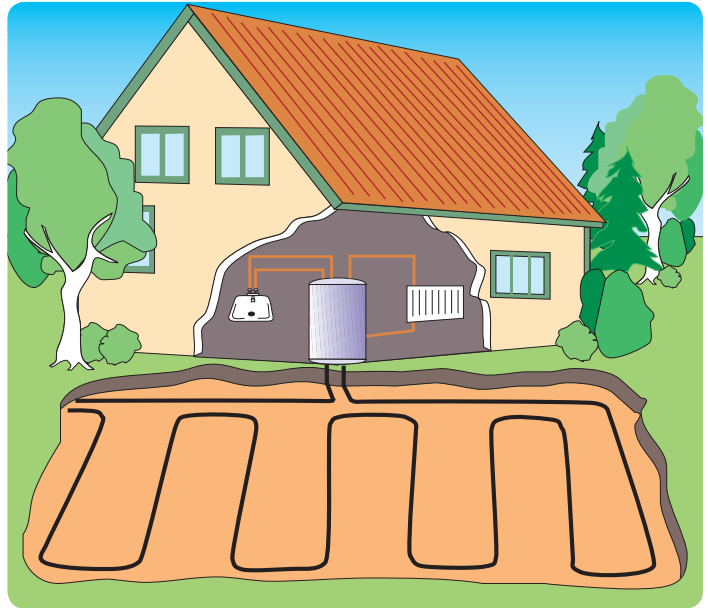
Nota má varmann í jarðveginum sem orkugjafa, meðal annars til þess að hita hús þegar kalt er úti. Þessi orkugjafi nefnist *jarðvegsvarmi*. Varmaorkunni er safnað með því að frostfrír vökví er látinn vera í hringrás í slöngu sem er grafinn einn til tvo metra niður í jarðveginn. Vökvinn nær þá sama hitastigi og jarðvegurinn. Vökvanum er svo dælt í gegnum svokallaða *varmadælu* sem er yfirleitt inni í húsi. Hún nýtir varma vökvans til að hita upp vatn og hann kólnar þá aftur. Hitaða vatnið má svo nýta til þess að hita hífýlin.

Kælda vökvanum er svo dælt aftur gegnum slönguna og hitnar hann þá aftur upp í 5-6 gráður. Varmadæla tekur sem sagt varmaorku úr jarðveginum og hann kólnar þá lítillega. Best gengur að safna varma úr rökum jarðvegi, til dæmis í mýri, en erfiðara er að ná varma úr þurri jörð.

Loftvarmi

Einfaldasta aðferðin til að nota varmadælu er að nýta þann varma sem býr í loftinu utanhúss. Svokölluð *loft í loft varmadæla* er yfirleitt sett upp á útvegg húss og hún verkar nokkurn veginn eins og öfugur kælskápur. Loftið hitnar innanhúss en kólnar úti fyrir. Til einföldunar má lýsa þessu svo að vel hönnuð varmadæla tekur til sín svolítið af varmanum sem er þrátt fyrir allt í útiloftinu og notar hann til þess að hita loftið innanhúss.

Varmadælum hefur fjölgað mjög mikið á Íslandi á síðustu árum, enda eru vetur yfirleitt mildir og þær henta þrýðilega hér.



Í slöngunni er vökví í hringrás og jarðvegurinn hitar hann. Inni í húsinu er varmadæla sem nýtir jarðvegsvarmann til að hita vatn.

Sólarorka

Nota má orku sólar til að hita vatn. Þetta má meðal annars gera með svokölluðum *sólgildrum*. Sólgildra er gerð úr vatnsfylltum slöngum eða pípum á svörtum fleti þar sem vatnið hitnar af völdum sólarýlsins. Nánar er fjallað um varmageislun og sólgildir á blaðsíðu 78 í Eðlisfræði 1.



Þessar sólarrafhlöður eru á þaki íbúðarhúss í Stokkhólmi. Þær anna um 15% af raforkuþörf íbúanna.

Einnig má nota orku sólar til að framleiða raforku með hjálp *sólarrafhlaðna*. Sérstök efni, svokallaðir hálfleiðarar, í sólarrafhlöðum breyta sólarljósinu beint í raforku. Í hverri sólarrafhlöðu úr kísli myndast aðeins 0,5 V spenna. Þess vegna verður að raðtengja margar sólarrafhlöður og setja þær saman í einingar sem nefnast *sólarþiljur*. Í hverri sólarþilju myndast þá mun hærri spenna sem ræðst af fjölda einstakra sólarrafhlaðna.

Sólarrafhlöður eru einkum notaðar við sumarhús sem eru fjarri rafveitukerfi landins. Þær eru einnig mikilvægir raforkugjafar fyrir ýmis mælitæki sem sett hafa verið upp víða um land fjarri rafveitukerfinu. Þessi mælitæki vakta veður, eldfjöll og margvísleg önnur náttúrufyrirbæri sem mikilvægt er að fylgjast með. Á blaðsíðu 79 í Eðlisfræði 1 er nánari umfjöllun um sólarrafhlöður.

SIÁLFSPRÓF UR 2.2

ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

• endurnýjanlegur orkugjafi • lífeldsneyti • jarðvegsvarmi • loftvarmi • jarðhiti • vindorka

1. Hver eru þrjú helstu markmiðin sem sett eru fram í áætluninni Evrópa 2020?
2. Nefndu þrjá mismunandi endurnýjanlega orkugjafa.
3. Hvaða tveir orkugjafar eru mikilvægastir á Íslandi?
4. Íslendingar nota hlutfallslega meiri orku en nokkur önnur þjóð í heiminum. Hvaðan fáum við meginhluta orkunnar sem við notum? Hvaðan kemur meginhluti raforkunnar?
5. Hvaða skilyrði þarf að uppfylla til þess að telja megí lífeldsneyti endurnýjanlegan orkugjafa?
6. Varmadælur nýta ýmist jarðvegsvarma, loftvarma eða jarðvarma frá þeim lághitasvæðum þar sem hitinn er lágur. Útskýrðu hvernig varmadæla vinnur og af hverju hagkvæmt er að nota hana.
7. Hver er skýringin á því að jarðhiti er víðar í jörðu hér en í nálægum löndum?
8. Hvernig er hægt að fanga og nýta orku sólar?
9. Við Íslendingar erum nær því að vera sjálfbærir í orkuöflun en margar aðrar þjóðir. Hver er skýringin á því?

Í BRENNIDEPLI

Nú raftæki nota minni orku en þau gömlu

Ef keypt væru á öll heimili á Íslandi orkunýtnustu eldhústæki sem fánleg væru og þau notuð í stað þeirra gömlu myndi orkunotkun heimilanna minnka. Það yrði þó býsna dýrt því að bara nýr kæliskápur og ný frystikista kosta varla minna en 200 000 kr.

Nýjar spjaldtölvur og nýir snjallsímar

Á hverju ári bjóða framleiðendur okkur upp á ný tæki sem þurfa orku. Bara á síðustu tíu árunum höfum við keypt snjallsíma og spjaldtölvur í þúsundatali og ekki lítur út fyrir að við kaupum færri raftæki í framtíðinni.

TIL UMRÆÐU

- Finnst þér að fólk ætti að endurnýja tækin þótt kæli-skápurinn og frystikistan séu ekki mjög gömul?

VERÐUR ORKU- ÖFLUN OKKAR ORÐIN ALGERLEGA SJÁLFBÆR ÁRIÐ 2050?

TIL UMRÆÐU

- Hvernig eigum við að bregðast við öllum þessum nýju, skemmtilegu og gagnlegu tækjum? Þau þurfa öll orku en markmið okkar er að minnka orkunotkunina. Þetta fer illa saman en hvað getum við gert?

Á að virkja meira á Þjórsársvæðinu?

Virkjanirnar sex á Þjórsársvæðinu afla þegar mikillar orku fyrir okkur en þær gætu gefið enn meiri orku ef nýtt lón, svokölluð Norðlingaölduveita, yrði gert inni á hálendinu. Sumir telja að þetta lón myndi ógna Þjórsárverum sem eru ein sérstæðasta náttúruperla landsins.

TIL UMRÆÐU

- Finnst þér að við eigum að taka þá áhættu að ráðast í að gera Norðlingaölduveitu til að afla meiri orku?

Ætti að brenna allt sorp?

Mestur hluti sorps er nú urðaður á Íslandi. Talsvert landrými þarf til að taka við öllu þessu sorpi. Á sumum stöðum hefur sorpi verið brennt en of mikil mengun fylgdi brennslunni svo að henni hefur víðast hvar verið hætt. Í Svíþjóð hefur tekist að byggja sorpbrennslustöðvar sem brenna sorp án þess að mengandi efni berist að ráði út í andrúmsloftið. Þar brenna menn nánast allt sorp en urðun þess hefur að langmestu leyti verið hætt. Við brennsluna losnar orka sem notuð er til að hita hús.

TIL UMRÆÐU

- Á Íslandi þarf talsvert mikið land undir urðunarstaði og slíkum stöðum fylgir yfirleitt mikil mengun. Ættum við að reisa þessa nýju gerð sorpbrennslustöðva og brenna allt sorp hér?
- Hverjir eru helstu kostir þess að brenna sorp í stað þess að urða það? En ókostir?



Óendurnýjanlegir orkugjafar

Þrátt fyrir ógnina af hlýnun loftslags og að ljóst sé að kol, olía og jarðgas gangi til þurrðar er mannkynið enn háð þessum orkugjöfum. Við Íslendingar erum blessunarlega lítið háðir olíu því að nánast öll hús eru hituð með jarðhita. Mörg iðnfyrirtæki hafa dregið úr olíunotkun og nota fremur rafmagn til starfsemi sinnar eftir því sem hægt er. Við erum hins vegar enn verulega háð olíuafurðum á sviði flutninga þótt rafbílavæðingin sé að vísu að hefjast. Þar eru miklir möguleikar til að draga úr olíunotkun. Tækninni í rafbílum fleygir fram og rafbílar komast sífellt lengra á hleðslunni en fólk hefur helst sett það fyrir sig hversu stutt það kemst án þess að hlaða rafgeymana.



Jarðolía er orðin til úr leifum vatnalífvera sem hafa safnast saman í jarðlögum á milljónum ára. Það tekur jarðolíuna tugi ef ekki hundruð milljónir ára að myndast og þess vegna er þetta ekki *endurnýjanlegur orkugjafi*.

Orkugjafar sem endurnýjast ekki

Það er ekki eingöngu hnattræn hlýnun sem veldur því að við verðum að hætta að nota kol, olíu og jarðgas. Þetta eru þar að auki orkugjafar sem ganga til þurrðar fyrr eða síðar. Þess vegna nefnast þeir *óendurnýjanlegir orkugjafar*. Úran er dæmi um aðra tegund eldsneytis sem er ekki endurnýjanleg en það knýr kjarnorkuverin sem nú eru í notkun. Enn er það þannig að meginhluti þeirrar orku, sem mannkyn notar, er framleiddur með óendurnýjanlegum orkugjöfum.

Hvað er jarðefnaeldsneyti?

Smávaxin vatnadýr og -plöntur, sem lifðu í höfum og vötnum fyrir mörgum milljónum ára, sukku til botns þegar þau drápust. Leifar þessara lífvera hafa síðan safnast fyrir undir þéttum jarðlögum við háan hita og undir miklum þrýstingi. Kolefnissameindirnar í þessum dauðu lífverum hafa umbreyst í *olíu* og *jarðgas*. *Kolalögin* mynduðust þegar stórvaxin tré í fornum skógum féllu og hlóðust upp í súrefnissnauðu umhverfi, til dæmis í mýrum. Smám saman mynduðust þykk kolalög. Eldsneyti, sem hefur orðið til á þennan hátt á óralöngum tíma, nefnist einu nafni *jarðefnaeldsneyti*. Menn telja að þessi tegund eldsneytis myndist á ekki skemmri tíma en 50–500 milljónum ára.

Brennsla jarðefnaeldsneytis eykur gróðurhúsaáhrifin

Koltvísýringur myndast þegar kolum, olíu eða gasi er brennt. Við þetta eykst styrkur koltvísýrings í lofthjúpnnum og það getur haft þær afleiðingar að meðalhiti á Jörðinni hækkar. Það nefnast *gróðurhúsaáhrif* þegar tiltekna lofttegundir í lofthjúpnnum draga úr varmageislun frá Jörðinni og leiða til þess að meðalhitinn hækkar.

Ef lofthjúpurinn væri ekki eins og gler á gróðurhúsi væri verulega kaldara hér en raunin er. Langflestir vísindamenn eru á þeirri skoðun að aukinn styrkur koltvísýrings í andrúmsloftinu efli gróðurhúsaáhrifin og hækki þannig hitann á Jörðinni.

Ef meðalhitinn á Jörðinni hækkar um aðeins örfáar gráður tekur ísinn við heimskautin að bráðna. Yfirborð sjávar hækkar um nokkra metra og loftslagið á Jörðinni breytist mjög. Á síðustu hundrað árum hefur meðalhiti Jarðar hækkað um hálfa gráðu. Styrkur koltvísýringsins í andrúmsloftinu hefur á sama tíma hækkað um 20%.

Árið 1997 hittust fulltrúar 170 þjóða á ráðstefnu í Kýótó í Japan. Þar náðu þeir samkomulagi um svokallaða *Kýótóbókun* þar sem þjóðirnar skuldbundu sig til þess að draga úr losun koltvísýrings. Bókunin tók gildi árið 2005 þrátt fyrir að fjöldi þjóða, þar á meðal Bandaríki Norður-Ameríku, hefðu enn ekki skrifað undir samninginn. Síðan hafa nokkrar hnattrænar loftslagsráðstefnur verið haldnar, sú síðasta í París árið 2015. Þar samþykktu þjóðir heims að ráðast í aðgerðir til að tryggja að hnattræn hlýnun verði innan við 2 °C.

Aukin gróðurhúsaáhrif valda því að meðalhitinn á Jörðinni hækkar og ísinn bráðnar við heimskautin.

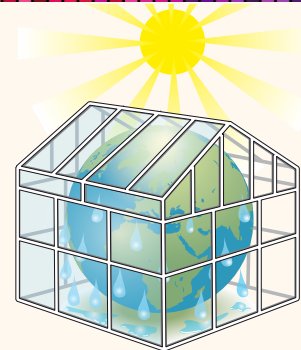


ITAREFNI

HVAÐ ERU GRÓÐURHÚSAÁHRIF?

Glerið í gróðurhúsi sleppir gegnum sig ljósgeislum sólarinnar. Geislunin hitar plönturnar og jarðveginn í gróðurhúsinu. Um leið gefa plönturnar og jarðvegurinn frá sér varmageislun. Þessi geislun kemst síður gegnum glerið en geislunin frá sólinni. Loftið inni í gróðurhúsinu verður því hlýrra en utan þess.

Koltvísýringur og margar aðrar lofttegundir í lofthjúpnnum verka eins og glerið í gróðurhúsinu og eru því kallaðar gróðurhúsalofttegundir. Meðalhitinn á Jörðinni er nú í kringum 15 °C. Ef lofthjúpurinn verkaði ekki líkt og gler í gróðurhúsi væri meðalhitinn á Jörðinni í kringum -20 °C.





Pegar kjarnaofninn bráðnaði í Tsjernóbýl árið 1986 láku geislavirk efni út í andrúmsloftið og bárust með vindum til fjarlæggra svæða, meðal annars til Norðurlandanna í norðvestri.

Kjarnorkan er áhættusöm

Kjarnaofnarnir í kjarnorkuveri nota *úran* sem eldsneyti. Vísindamenn telja að það úran, sem til er á Jörðinni, nægi til að knýja kjarnorkuver í nokkrar aldir í viðbót. Fyrr eða síðar gengur úranið þó til þurrðar. Af þessu má sjá að úran er *óendurnýjanlegur orkugjafi*.

Kjarnorkuverum fylgir yfirleitt ekki mikil mengun og þau stuðla mun síður að gróðurhúsaáhrifum en brennsla jarðefnaeldsneytis gerir. En í kjarnaofnunum sjálfum er hættuleg geislun sem má alls ekki sleppa út.

Í heiminum öllum eru nú um 440 kjarnorkuver í rekstri og um 70 ver eru í byggingu. Í þessum verum er mikilvægast að hafa fulla stjórn á keðjuverkuninni. Kjarnaofn getur ekki sprungið líkt og kjarnorkusprengja en við sérlega óheppilegar aðstæður getur keðjuverkunin valdið svokölluðu *bræðsluslysi*. Það getur til dæmis orðið ef ekki tekst einhverra hluta vegna að kæla kjarnaofn nægilega mikið. Afleiðingarnar geta orðið þær að sjálfur ofninn bráðnar vegna gríðarlegs hita. Þá geta geislavirk efni borist út í andrúmsloftið.

Kjarnorkuslysið í Tsjernóbýl

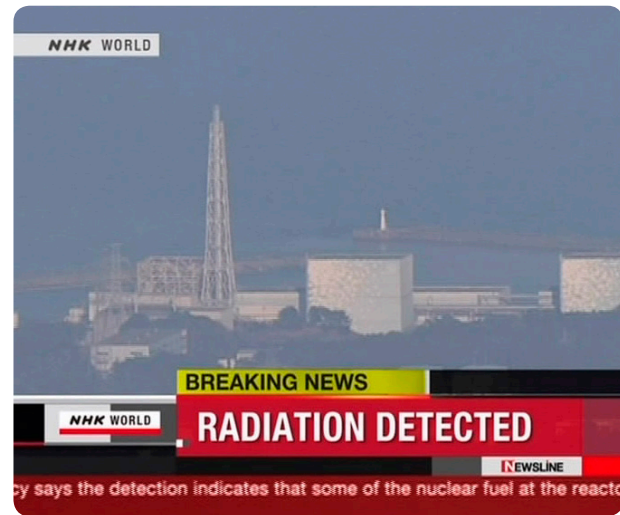
Árið 1986 varð mjög alvarlegt bræðsluslys í Tsjernóbýl í Úkraínu sem var þá hluti Sovétríkjanna. Um fimmtíu manns létust við björgunarstörf, flestir innan eins mánaðar. Talið er að um tvö þúsund manns í viðbót hafi dáið eða muni deyja vegna sjúkdóma sem rekja má beint til þeirrar auknu geislunar sem varð við slysið.

Pegar bræðsluslys verður geta geislavirk efni dreifst um stór svæði. Suðaustanvindar voru ríkjandi eftir að slysið varð í Tsjernóbýl og þess vegna bárust geislavirk efni til norðvesturs og náðu til dæmis allt til Skandinavíu. Þangað barst meðal annars geislavirka efnið sesín sem safnaðist fyrir í jarðvegi og barst síðan í ýmsar lífverur, til dæmis sveppi og fléttur. Helmingunartíminn fyrir sesín er 30 ár og þess vegna helmingaðist geislavirknin vegna þessa sesíns ekki fyrr en árið 2016.

Flóðbylgja olli slysi í Fukushima

Í mars 2011 varð gríðarlega öflugur jarðskjálfti á hafsbotni undan austurströnd Japans og við hann mynduðust háar *skjálftaflóðbylgjur* (tsunami á erlendum málum). Fimmtán metra há bylgja gekk inn á ströndina við kjarnorkuverið í Fukushima. Við skjálftann bárust viðvaranir til kjarnorkuversins og allir kjarnaofnarnir voru stöðvaðir. Enginn ofnanna skemmdist því í skjálftanum sjálfum. Vandinn skapaðist hins vegar vegna vatnsins sem flæddi inn í kjarnorkuverið. Það olli því að allar vatnsdælur í kjarnorkuverinu stöðvuðust og um leið kæling kjarnaofnanna. Að lokum var orðið svo mikið af gufu og vetnissgas í ofnabyggingunni að þar urðu margar sprengingar. Kjarnaofnarnir skemmdust og geislavirk efni láku út í umhverfið.

Skjálftaflóðbylgjan olli dauða nærri 16 000 manna. Um 100 manns urðu fyrir meiri geislun í slysinu en fólk fær venjulega á allri ævi sinni. Þetta getur valdið því að hluti þeirra fær sjúkdóma sem rekja má til geislunarinnar. Þetta slys telst vera á sjöunda þrepi á INES-kvarðanum (sjá bls. 31) og telst því jafnalvarlegt og Tsjernóbýlslysið.



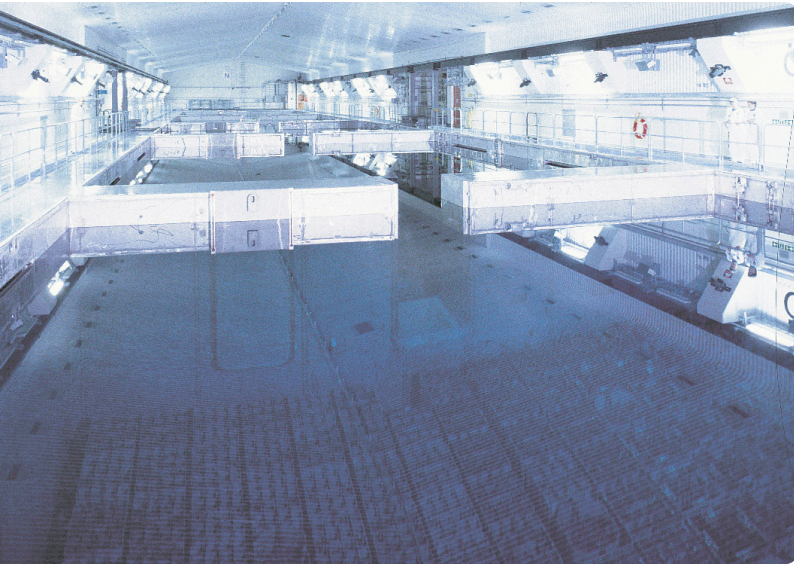
Slysið í Fukushima í Japan vakti gríðarlega athygli og var mikið fjallað um það í fjölmiðlum.

Getum við orðið fyrir geislun hér á Íslandi?

Á Íslandi eru engir kjarnaofnar, enda nóg af öðrum orkugjöfum sem sjá okkur fyrir þeirri orku sem við þurfum. Þeir kjarnaofnar í rekstri sem eru næstir okkur eru í Bretlandi, Svíþjóð og Finnlandi. Um kjarnaofninn í Tsjernóbýl var ekki neinn öryggishjúpur sem gat komið í veg fyrir slys. Alvarlegt slys varð til dæmis í Harrisburg í Bandaríkjunum árið 1979. Kjarnaofninn þar var hins vegar í öryggishjúpi og því láku engin geislavirk efni út í umhverfið.

Alvarlegasta atvikið á Norðurlöndunum varð árið 2006 í Forsmark í Svíþjóð, rúmlega 100 km norðan við Stokkhólm. Rafmagnsbilun varð til þess að kjarnorkuverið varð rafmagnslaust og varaorkugjafar fóru ekki í gang. Þetta atvik hafði þó ekki áhrif á kjarnaofnana eða hitastigið í þeim en það hefði getað gert það.

Vegna legu Íslands langt úti í hafi er hættu af kjarnorkuverum ekki mikil hér en við erum aðilar að alþjóðasamningi um öryggi kjarnorkuvera og það gefur okkur tækifæri til að fylgjast náið með öryggisástandi og öllum öryggismálum í kjarnorkuverum um allan heim. Alvarlegt kjarnorkuslys gæti þó haft áhrif hér því að geislavirk efni geta borist langar leiðir með vindum og hafstraumum.



Notað kjarnorkuelsneyti er geymt á kafi í vatni í 40 ár. Þá hefur um 90% af upphaflegu geisluninni horfið.

Geislavirkur úrgangur

Í öllum kjarnorkuverum myndast úrgangs-efni í tengslum við orkuvinnsluna. Þegar úranið er uppuríð sem eldsneyti hafa ný efni orðið til úr því, til dæmis plúton og sesín. Þessi efni eru geislavirk og þess vegna hættuleg fyrir fólk.

Menn verða því að geyma þennan *geislavirka úrgang* á öruggan hátt þar til hann er orðinn stöðugur og hættur að gefa frá sér hættulega geislun. Það gerist þegar geislavirku efnin hafa sundrast nánast til fulls og umbreytt í önnur og skaðlaus efni. Þetta tekur langan tíma, í sumum tilvikum nánast óendanlega langan. Í mörgum löndum hafa menn byggt geymslur neðanjarðar undir þessi efni. Þar er geislavirki úrgangurinn í

fyrstu geymdur í um það bil 40 ár, eða þar til geislunin er ekki lengur verulega hættuleg. Síðan er úrganginum yfirleitt komið fyrir til endanlegrar geymslu í koparhylkjum djúpt í jörðu.

Annar vandi fylgir þessum úrgangi frá kjarnorkuverunum en hann er sá að nauðsynlegt er að geyma hann þannig að enginn geti stolið honum. Hluti þessa úrgangs er nefnilega þess eðlis að hann má nýta til þess að búa til kjarnorkusprengrar. Þess vegna þarf að vakta kjarnorkuverin og geymslustaðina mjög vandlega þannig að hvorki sé unnt að stela tækniupplýsingum né efnum.

SÍALFSPRÓF UR 2.3

ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

• óendurnýjanlegur orkugjafi • gróðurhúsaáhrif • jarðefnaeldsneyti

1. Hvernig myndaðist jarðefnaeldsneyti?
a) jarðolía og jarðgas? b) kol?
2. Hvaða frumefni er notað sem eldsneyti í kjarnaofnum?
3. Nefndu tvö alvarlegustu kjarnorkuslys sem orðið hafa í heiminum.
4. Hvaða tvö ríki Norðurlandanna hafa komið sér upp kjarnorkuverum?
5. Hvaða orkugjafar stuðla einkum að gróðurhúsaáhrifum?
6. Hverjir eru helstu kostir og gallar við nýtingu kjarnorku?
7. Hvað er það sem gerist við bræðsluslys?
8. Sumir halda því fram að gróðurhúsaáhrifin séu heppileg þegar öllu er á botninn hvolft. Hver eru helstu rökin fyrir því?

SAMANTÆKT

2.1

Mismunandi form orkunnar

- Orkan birtist í mörgum ólíkum formum: *aflfræðileg orka* (stöðuorka og hreyfiorka), *varmaorka*, *raforka*, *efnaorka*, *geislunarorka* og *kjarnorka*.
- Lögmálið um varðveislu orkunnar er svohljóðandi:
Orka getur hvorki myndast né eyðst heldur getur hún eingöngu breyst úr einu formi í annað.
- Orkunýtni er gefin upp í prósentum og gefur til kynna hversu stór hluti upphaflegu orkunnar umbreytist í nytjaorku.
$$\text{orkunýtni} = \frac{\text{nytjaorka}}{\text{upphafleg orka}}$$
- Ef orkunýtnin er til dæmis 75% merkir það að 75% af upphaflegu orkunni umbreytist í nytjaorku.



Pegar við hjólum breytist orka stöðugt úr einu formi í annað.

2.2

Endurnýjanleg orka er framtíðin

- Endurnýjanleg orka gengur aldrei til þurrðar, hún klárast aldrei. *Vatnsorka*, *jarðvarmi*, *orka í lífeldsneyti*, *jarðvegsvarmi*, *vindorka* og *sólarkorka* eru dæmi um endurnýjanlega orku.
- Vatnsafl veður ekki mengun á sama hátt og margir aðrir orkugjafar. Hins vegar fylgja vatnsorkuverum oft spjöll á náttúrunni, einkum vegna uppistöðulóna.
- Lífeldsneyti telst vera endurnýjanlegur orkugjafi að því tilskildu að menn rækti nýjar plöntur í stað þeirra sem eru notaðar sem eldsneyti.
- Mönnum tekst ef til vill í framtíðinni að virkja *kjarnasamruna* til friðsamlegrar orkuframleiðslu. Hráefnið til hennar yrði frumefnið vetni sem er eitt algengasta frumefni jarðarinnar og það yrði því í reynd endurnýjanlegur orkugjafi.



Stöðuorka vatnsins í lóninu breytist í hreyfiorku og síðan í raforku.

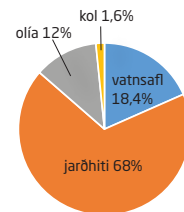


Sólarkorkan er endurnýjanleg orka.

2.3

Óendurnýjanlegir orkugjafar

- Óendurnýjanlegir orkugjafar ganga smám saman til þurrðar. *Kol*, *olía*, *jarðgas* og *úran* eru dæmi um óendurnýjanlega orkugjafa.
- Olía, jarðgas og kol kallast einu nafni *jarðefnaeldsneyti*. Olía og gas eru talin hafa myndast úr leifum smávaxinna dýra og plantna sem lifðu í höfum og vötnum fyrir milljónum ára. Leifarnar sukku til botns, söfnuðust fyrir í jarðlögum og umbreyttust í olíu og gas. Kolin mynduðust úr stórvöxnum trjám sem féllu og hlóðust upp í mýrum eða öðru súrefnissnauðu umhverfi.
- Pegar við brennum jarðefnaeldsneyti eykst styrkur koltvísýrings í lofthjúpinum. Við það styrkjast *gróðurhúsáhrifin* og meðalhitinn á Jörðinni getur hækkað.
- Eldsneytið í kjarnaofnum er *geislavirkt* og því fylgir hættuleg geislun sem má alls ekki sleppa út úr ofninum.
- Ef menn missa stjórn á keðjuverkuninni í kjarnaofni getur *bræðsluslys* orðið. Þá geta geislavirk efni sloppið út í andrúmsloftið og breiðst út með vindum.
- Hluti þess úrgangs, sem fellur til í kjarnorkuveri, er geislavirkur. Þess vegna verður að geyma hann á öruggan hátt þar til geislunin er að mestu yfirstaðin. Að lokum verður að koma úrganginum fyrir á *endanlegum geymslustað* þar sem hann verður að vera í mjög langan tíma.



Orkunotkun á Íslandi.



Jarðolía er óendurnýjanlegur orkugjafi.

LOKAHDYKKURINN

1

Tengdu hugtökin til vinstri við lýsingarnar til hægri.

- | | |
|------------------------------------|---|
| 1 Orkunýtni | A Eining fyrir orku |
| 2 Endurnýjanlegur orkugjafi | B Orka getur hvorki eyðst né getur ný orka myndast |
| 3 Gróðurhúsaáhrif | C Jarðgas |
| 4 Júl | D Vatnsafl |
| 5 Kjarnaklofnun | E Veldur hærri meðalhita á Jörðinni |
| 6 Lög málið um varðveislu orkunnar | F Má lýsa í prósentum |
| 7 Afgangsvarmi | G Pungir kjarnar frumeinda skiptast í smærri kjarna |
| 8 Jarðefnaeldsneyti | H Orka sem nýtist ekki |

2

Við fáum mestan hluta af raforku okkar frá vatnsaflsvirkjunum. Nefndu nokkur önnur dæmi um það hvaðan við fáum raforku.

3

Hvaða orkuform (eitt eða fleiri) setur þú í samband við þessa orkugjafa? Veldu milli möguleika A-F.

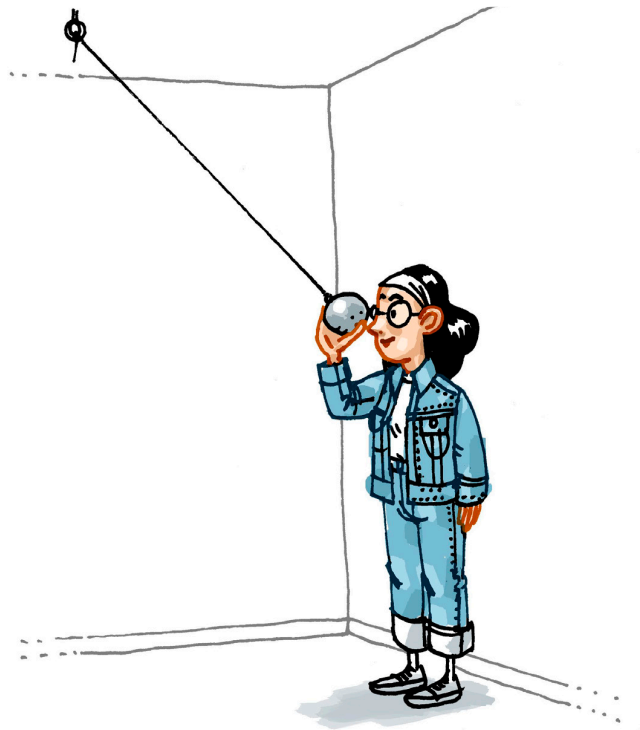
a) vindorka b) jarðgas c) lífeldsneyti

- A: Raforka
B: Afífræðileg orka
C: Varmaorka
D: Geislunarorka
E: Efnaorka
F: Kjarnorka

4

Kúla úr jární hangir í bandi. Ólafía togar kúluna til sín og heldur henni fast upp við andlit sitt. Hún sleppir kúlunni síðan og stendur grafkyrr.

- a) Hvað gerist þegar kúlan kemur aftur til Ólafíu?
b) Hvaða mikilvæga eðlisfræðilega lögmál dettur þér í hug í tengslum við þessa tilraun?



- 5 Hvaða fullyrðing (ein eða fleiri) byggist á þekkingu í náttúruvísindum? Lýstu því hvernig þú hugsar þetta.

A: Vindmylla úti í sjó truflar útsýni til sjávar.
 B: Við ættum að smíða fleiri vindmyllur því að þær stuðla ekki að auknum gróðurhúsaáhrifum.
 C: Vindmyllur framleiða mismikla raforku eftir því hvernig aðstæður eru.
 D: Við fáum ódýrustu raforkuna frá vatnsaflsvirkjunum.

- 6 a) Útskýrðu muninn á endurnýjanlegum og óendurnýjanlegum orkugjafa.
 b) Hér fyrir neðan eru taldir upp nokkrir mismunandi orkugjafar. Hverjir þeirra eru endurnýjanlegir?

Vatnsafl Jarðgas Úran Lífeldsneyti Jarðvegsvarmi

- 7 a) Hver af fullyrðingunum hér á eftir styðst við vísindalegan grunn?
 b) Hvers vegna styðjast hinar fullyrðingarnar ekki við vísindalegan grunn?

Mér finnst ég vera hlaðinn jákvæðri orku.

A



Jákvæðar fréttir fylla mig aukaorku.

B



Orka eyðist aldrei – hún breytir bara um form.

C



Ég nenni ekki að eyða orku í að lesa þetta.

D



- 8 Hugtakið orkunotkun er algengt í nútímamáli. Það er þó í raun og veru órökrétt að tala um að nota orku. Hvers vegna?

- 9 Menn hafa lengi gengið út frá því að stærstu risaeðlurnar hafi verið með kalt blóð. Hvers vegna heldur þú að menn hafi gert ráð fyrir því?

- 10 Hnattræn hlýnun getur valdið því að ísbreiðurnar við norður- og suðurskautið bráðni. Það er þó verra ef allur ísinn á suðurskautinu bráðnar en allur ísinn á norðurskautinu. Hver er skýringin á því?



Hvers vegna er myrkur á
nóttunni og hvers vegna
eru árstíðirnar ólíkar?

3

SÓLKERFIÐ

Bústaður okkar í alheiminum

Við lifum öll á reikistjörnunni Jörð, smáum hnetti í óravíddum alheimsins. Við getum þakkað það návistinni við sólina að lífvænlegt er hér á Jörðinni. Nú stunda þúsundir manna um allan heim rannsóknir á geimnum. Með hjálp stjörnusjónauka, gervihnatta og mannaðra og ómannaðra geimferða höfum við aukið þekkingu okkar á Jörðinni, tunglinu og nálægum reikistjörnum, svo og alheiminum öllum.



Ef þú ferð út með stjörnusjónauka á myrku en heiðskýru kvöldi opnast þér ný veröld. Hvernig finnum við pólstjörnuna?



Könnunarjeppinn Fróðleiksfúsi (Curiosity) lenti á Mars árið 2012 og hefur síðan sent gríðarlega mikilvægar upplýsingar um reikistjörnuna til Jarðar. Myndin sýnir næstu gerð jeppans, ExoMars, sem Evrópska geimferðastofnunin hefur sent af stað til Mars.

Í ÞESSUM KAFLA LÆRIR ÞÚ

- um gerð sólkerfisins og eiginleika og einkenni sólarinnar og reikistjarnanna
- um muninn á smástirnum, loftsteinum, hrapsteinum, reikisteinum og halastjörnum
- hvernig vísindalegar rannsóknir auka stöðugt þekkingu okkar á alheiminum
- að snúningur Jarðar, möndulhalli hennar og brautarhreyfing um sól valda því að dagur og nótt skiptast á og árstíðirnar koma og fara
- hvernig ný þekking í eðlisfræði hefur náð að hrekja margs konar hjátrú og hindurvitni um tunglið, sólina og reikistjörnurnar okkar
- að notfæra þér þekkingu þína í eðlisfræði til að taka þátt í umræðum og setja fram rök og mótrök fyrir eða gegn því að senda könnunarflaugar til annarra reikistjarna
- hvernig uppgötvanir í stjörnufræði hafa mótað heimsmynd okkar

EFNI KAFLANS

3.1 Jörðin – reikistjarnan okkar

3.2 Tunglið – næsti nágranni okkar

3.3 Sólkerfið

Í BRENNIDEPLI

Er mikilvægt að við förum til Mars?

3.1

Jörðin – reikistjarnan okkar



Aðeins tvö til þrjú þúsund ár eru síðan menn áttuðu sig fyrst á því að Jörðin væri hnöttur.

Fyrir á árum var klukkunni á Íslandi breytt tvisvar á ári, á vorin og haustin. Þessi háttur er enn hafður á í flestum nágrannalöndum okkar en við höldum sama tíma allt árið um kring. Tímatal okkar byggist á því að menn hafa þróað nákvæmar aðferðir til að mæla tímann í aldanna rás. Þá leggja menn tvennt til grundvallar: Jörðin hreyfist á braut um sólina og snýst um leið um eigin möndul.

Jörðin er lítill hnöttur

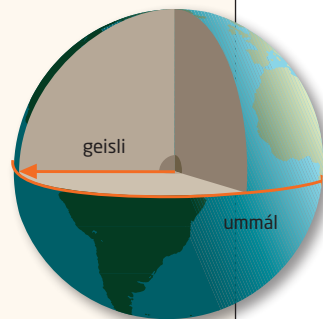
Ljósmyndir, sem teknar eru utan úr geimnum, sýna okkur að *Jörðin* er hnöttur. Það má líka sjá þegar horft er í góðu skyggni til dæmis frá Gróttuvita á Seltjarnarnesi yfir Faxaflóa í átt til Snæfellsness. Þá sést flæðarmálið þar eða það land, sem lægst liggur, alls ekki því bunga haffflatarins skyggir á.

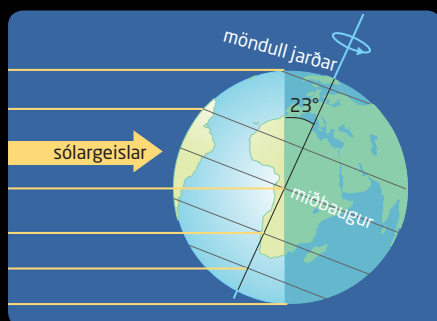
Hversu stór er reikistjarnan okkar þá eiginlega? Ummálið er hvorki meira né minna en 40 000 kílómetrar. Okkur finnst það mikið en sumar reikistjörnurnar í sólkerfinu eru miklu stærri. Jörðin er til dæmis býsna smávaxin í samanburði við Júpíter. Fleiri en 1300 Jarðir kæmst fyrir innan í Júpíter. Jörðin hefur um sig lag af lofti sem kallast *lofthjúpur* eða *gufuhúlf*. Hann nær um 100 kílómetra út frá yfirborði Jarðar en engin glögg skil eru milli hjúpsins og geimsins. Ef Jörðin væri á stærð við epli væri lofthjúpurinn ekki þykkari en hýðið á eplinu. Það er því full ástæða til að fara vel með þennan þunna lofthjúp sem umlykur Jörðina.

SAGNFRÆÐI

LENGD METRANS

Á 17. og 18. öld komu fram ýmsar hugmyndir um viðmiðun fyrir nýja grunneiningu fyrir lengd, sem fékk heitið *metri*. Tvær þeirra þóttu helst koma til greina. Annars vegar sú að miða við stærð Jarðarinnar og hins vegar að miða við lengd pendúls sem væri eina sekúndu að sveiflast milli ystu punkta. Franska þjóðþingið samþykkti fyrri hugmyndina árið 1793, í samræmi við tillögu Frönsku vísindaakademiunnar. Seinni hugmyndin var talin hafa þann galla að sveiflutími pendúls er ekki nákvæmlega hinn sami á mismunandi stöðum á Jörðinni. Metrinn skyldi vera tíu milljónasti hluti af vegalengdinni frá heimskaupi til miðbaugs. Ummál Jarðar, mælt um heimskaupin, verður þá 40 000 km. Nú er skilgreining metrans byggð á ljóshraðanum í tómarúmi en hann er alltaf og alls staðar hinn sami samkvæmt afstæðiskenningunni.





Á Jörðinni skiptast á dagur og nótt vegna þess að hún snýst um möndul sinn. Dagur er á þeim helmingi Jarðar sem snýr að sólinni hverju sinni. Á teikningunni er sumar á suðurhveli Jarðar en á ljósmyndinni, sem sýnir sólsetur á austurströnd Norður-Ameríku, er greinilega sumar á norðurhveli.



Sólarhringurinn skiptist í dag og nótt

Jörðin ferðast umhverfis sólina. Jörðin snýst líka sjálf um eigin möndul. *Möndull Jarðar* er ímynduð lína sem liggur gegnum pólana, beint gegnum Jörðina og hallar miðað við braut Jarðarinnar umhverfis sólina. *Dagur* er á þeim helmingi Jarðarinnar sem snýr að sólinni. Á hinum helmingnum ríkir *nótt*.

Sólarhringur nefnist sá tími sem það tekur Jörðina að snúast einn hring um möndul sinn. Við skiptum svo sólarhringnum í skemmri tímabil, *klukkustundir*, *mínútur* og *sekúndur*.

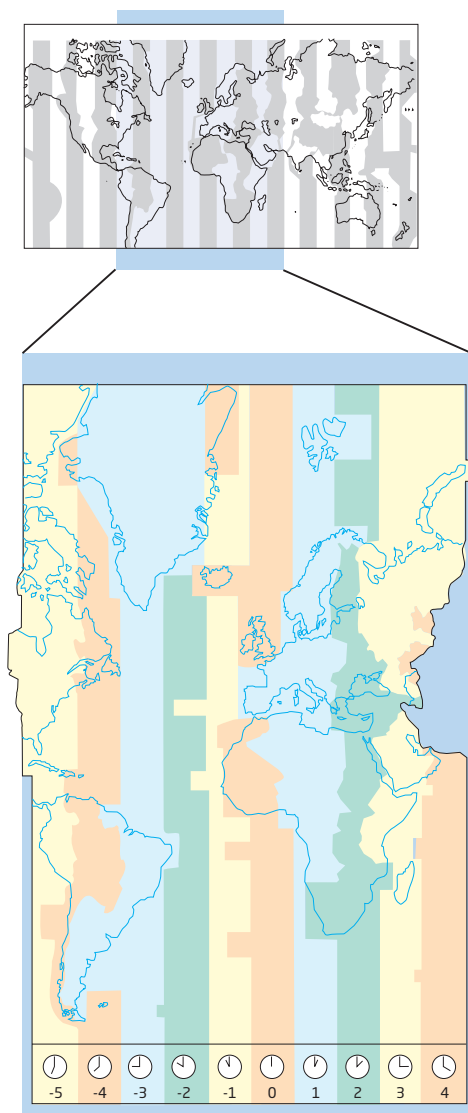
Einingar fyrir tíma

- 1 venjulegt ár = 365 sólarhringar
- 1 hlaupár = 366 sólarhringar
- 1 almanaksár að meðaltali = 365,2425 sólarhringar
- 1 sólarhringur = 24 klukkustundir (h)
- 1 klukkustund = 60 mínútur (mín.)
- 1 mínúta = 60 sekúndur (s)

Árið ræðst af brautarhreyfingu Jarðar um sól

Við lifum á reikistjörnunni Jörð sem er 4,6 milljarða ára gömul og berumst með henni um dimman og næstum tóman himingeiminn. Hraði okkar um geiminn er ótrúlega mikill, yfir 100 000 kílómetrar á klukkustund. Á ferð okkar er enginn áfangastaður því að við erum á braut um sólina. Með henni förum við hring eftir hring í um það bil 150 milljón kílómetra fjarlægð frá henni.

Þrátt fyrir þennan ógnarhraða er Jörðin eitt *ár* að fara hvern hring um sólina. Það er þó ekki nákvæmur tími. Jörðin er nefnilega 365 sólarhringa og fjórðung úr sólarhring til viðbótar að ljúka einni hringferð. Við verðum að taka tillit til þessa fjórðungs úr sólarhring við útreikninga okkar á árinu. Það gerum við með því að lengja fjórða hvert ár um einn sólarhring. Þau ár nefnast *hlaupár* og þá eru 366 dagar í árinu, við bætist 29. febrúar.



Tíminn á Íslandi er miðtími Greenwich. Landið er því í sama tímabelti og Bretlandseyjar en ætti að vera einni klukkustund á eftir.

Jörðinni er skipt í tímabelti

Ef allir stilltu klukku sína eftir sólarganginum kæmi upp vandi. Reykjavík er til dæmis mun vestar en Egilsstaðir á Héraði og þar eystra kemur sólin upp um 30 mínútum fyrr en í Reykjavík. Ef við létum sólarganginn einn ráða ætti annar tími að vera á Egilsstöðum en í Reykjavík. Til að komast hjá þessum vanda hafa menn innleitt hugtökin *staðaltími* og *tímabelti*.

Jörðin skiptist í 24 tímabelti og er þá miðað við lengdarbauga Jarðar. Undir lok 19. aldar ákváðu menn að taka upp alþjóðlegan staðaltíma sem miðaðist við núllbauginn sem gengur gegnum stjörnuathugunarstöðina í Greenwich á Englandi. Sami tími gildir á öllum stöðum sem eru í sama tímabelti. Ísland er í tímabelti sem er næst á eftir staðaltímanum í Greenwich og því ætti að muna einni klukkustund á tímanum hér og á Englandi. Árið 1968 var hins vegar fest í lög hér á landi að Greenwich-tíminn skyldi vera staðaltími á Íslandi og því er hér sami tími allt árið um kring. Við erum því í reynd einni klukkustund á undan því sem eðlilegast væri, miðað við tímabeltin. Á veturna er sami tími hér og á Bretlandseyjum, en þeir breyta klukkunni tvisvar á ári. Á sumrin eru Bretar einni klukkustund á undan okkur í tíma.

Tímabeltin eru ekki dregin beint á yfirborði Jarðarinnar heldur fylgja þau oft landamærum ríkja til þess að sami tími geti verið í öllu viðkomandi ríki. Sami tími er til dæmis í öllu Kínaveldi þótt ríkið nái yfir fimm tímabelti. Þetta er gert til hagræðis fyrir íbúana.

Sumartími

Í mörgum nágrannalöndum okkar er klukkunni breytt tvisvar á ári, henni er flýtt um eina klukkustund í mars og síðan seinkað jafnmikið í október. Í mars er tekinn upp *sumartími*, sem hefur í för með sér að klukkan sýnir einum klukkutíma meira þegar birtir á morgnana og líka þegar dimmir á kvöldin. Þessi háttur er hafður á í flestum löndum Evrópu en hér var hætt að breyta klukkunni árið 1968, eins og áður sagði. Dagur og nótt eru nánast jafnlöng allt árið í löndum sem eru nálægt miðbaugi og þess vegna er minni ástæða til að færa klukkuna eftir árstíðum þar.

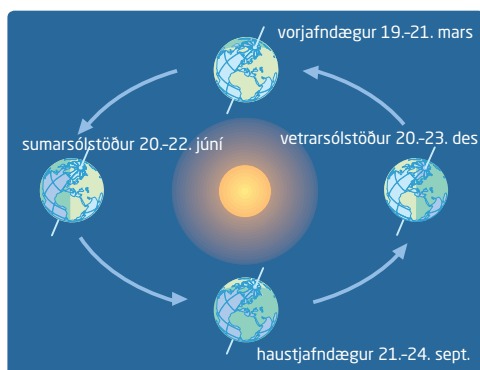
Sumartíminn var fyrst tekinn upp í nokkrum löndum á árunum þegar fyrri heimsstyrjöldin geisaði því að þá skorti orku og margs konar vörur. Í heimsstyrjöldinni síðari var bætt um betur í Bretlandi og þar var klukkunni flýtt um eina stund á veturna og um tvær stundir á sumrin. Þessi tilhögun nefnist tvöfaldur sumartími. Með því nýttu menn dagsbirtuna betur og spöruðu orku. Á síðustu árum hefur komið fram sú hugmynd að taka upp tvöfaldan sumartíma hér á Íslandi en það hefur ekki hlotið hljómgrunn á Alþingi.

Árstíðirnar stafa af möndulhalla jarðar

Hér á Íslandi er verulegur munur á veðri að vori, sumri, hausti og vetri. *Árstíðirnar* eru mismunandi vegna þess að möndull Jarðar hallast miðað við braut hennar um sólina. Þegar norðurhvelinu hallar í átt að sól nýtur það meiri birtu en suðurhvelið. Þá er sumar á norðurhveli. Þegar norðurhvelinu hallar frá sól er vetur hjá okkur en sumar á suðurhveli.

Þegar norðurhvelinu hallar að sól er dagurinn lengstur hjá okkur og þegar hallinn er mestur frá sól er hann stystur. Í fyrra tilvikinu er talað um *sumarsólstöður* eða *sumarsólbvörf*, sem eru á tímabilinu frá 20. til 22. júní, og í því síðara um *vetrarsólstöður* eða *vetrarsólbvörf* sem ber upp á 20. til 23. desember. Dagsetningin breytist eftir árum, einkum eftir því hvernig stendur á hlaupárum. Þegar sumarsólstöður eru á norðurhveli eru vetrarsólstöður á suðurhvelinu og öfugt.

Tvisvar á ári, á vorin og haustin, njóta bæði norður- og suðurhvel nokkurn veginn jafnmikillar sólarbirtu. Hvorugu hvelinu hallar þá að sólinni. Þetta eru jafnframt einu dagar ársins þar sem sólin er beint fyrir ofan miðbaug á hádegi. Þá er talað um *vorjafndægur* og *haustjafndægur*. Vorjafndægur á norðurhveli er á tímabilinu 19. til 21. mars en haustjafndægur frá 21. til 24. september. Þessa tvo daga eru dagur og nótt svo til jafnlöng hvar sem er á jarðarkringlunni.



Halli jarðmöndulsins veldur því að árið skiptist í árstíðir. Þegar norðurhveli jarðar hallar að sólinni er sumar hér norður frá. Þegar norðurhvelinu hallar frá sól ríkir vetur hjá okkur.

SAGNFRÆÐI

KLUKKUSTUND OG MÍNÚTA SKIPTAST Í 60 HLUTA

Það er fullkomlega eðlilegt að mæla tímann í sólarhringum því líf okkar stjórnast af því að sólin kemur upp að morgni og sest að kvöldi. En af hverju skiptist sólarhringurinn í 24 klukkustundir, hver klukkustund í 60 mínútur og hver mínúta í 60 sekúndur?

Algengasta talnakerfið er nú tugakerfið sem byggist á tölunni tíu. Líklegt er að það sé til komið vegna þess að auðvelt var að telja á fingrum sér. Til forna voru notuð ýmis önnur talnakerfi, einkum kerfi sem grundvallaðist á tölunni tólf og annað þar sem talan 60 var grunnurinn. Skipting sólarhringsins í 24 stundir er komin frá Egyptum. Þeir tóku þessa skiptingu upp um 1300 f.Kr. Skipting klukkustundar og mínútu í sextíu hluta er hins vegar runnin frá Babýlóníumönnum sem lifðu til forna þar sem nú er Írak og Íran. Þeir notuðu talnakerfi sem grundvallaðist á tölunni 60.



Sólin er á lofti þótt enn sé mið nótt.
Þetta er miðnætursólin sem við hér
nyrst á norðurhjara njótum þegar
dagur er lengstur.



Miðnætursól

Við sem lifum hér nyrr á norðurhjara fáum að njóta *miðnætursólarinnar*. Því norðar sem við erum þeim mun lengur nýtur miðnætursólarinnar á hverju sumri.

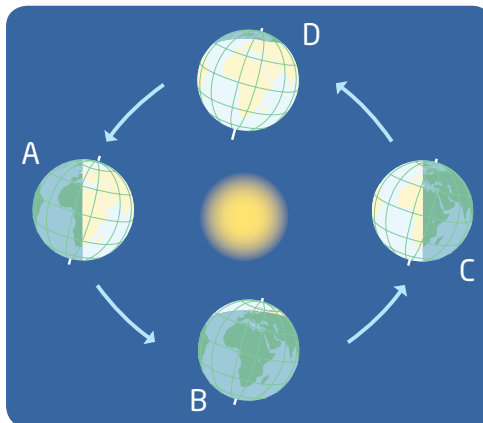
En hvers vegna skín sólin þá allan sólarhringinn? Ef við erum norðan við *nyrðri heimskauntsbauginn* sest sólin aldrei á sumarsólstöðum. Heimskauntsbaugurinn nyrðri gengur gegnum eyjuna Grímsey úti fyrir Eyjafirði og þar verður aldrei nótt á sumarsólstöðum. Á vetrarsólstöðum er þessu hins vegar þveröfugt farið þarna í norðrinu. Þar kemur sólin aldrei upp þegar dagur er stystur. Á sjálfum norður- eða suðurpólnum er dagur hálftr árið og nótt hinn helminginn.

SIÁLFSPRÓF UR 3.1

ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

- sólarhringur • hlaupár • tímabelti • sumarsólstöður • vetrarsólstöður • vorjafndægur
- haustjafndægur • miðnætursól

1. Hvert er ummál jarðar?
2. Hversu langan tíma tekur það Jörðina:
 - a) að snúast einn hring um möndul sinn?
 - b) að hreyfast einn hring um sólina?
3. Hvers vegna skiptist sólarhringurinn í dag og nótt?
4. a) Hver var helsta ástæða þess að menn tóku upp sumartíma á dögum fyrri heimsstyrjaldarinnar?
 b) Hvenær hættum við að breyta klukkunni tvisvar á ári?
 c) Hver er ávinningurinn af því að færa klukkuna á vorin í þeim löndum sem hafa sérstakan sumartíma? Er henni flýtt eða seinkað um eina klukkustund?
5. Hvað veldur því að árið skiptist í mismunandi árstíðir?
6. a) Hve marga mánuði er Jörðin að færast úr stöðu A í stöðu B?
 b) Í hvaða stöðu er sumar á suðurhveli Jarðar?
 c) Í hvaða stöðu eða hvaða stöðum eru dagur og nótt jafnlöng?
7. Hversu stóran hluta ársins er miðnætursól við norðurpólinn?
8. Hvernig stendur á því að ummál jarðar er svona einföld tala, 40 000 kílómetrar?



3.2

Tunglið – næsti nágranni okkar

Hvenær sást þú fullt tungl síðast? Um þúsundir ára hefur tunglið gegnt miklu hlutverki í lífi fólks. Tunglið skapaði takt í lífi margra, ekki síst þeirra sem lifðu við hafið og sáu sveifluna milli flóðs og fjöru. Fólk trúði því langt fram á 20. öld að kvartilaskipti tunglsins hefðu áhrif á vöxt og þroska plantna. Mælt var með því að salati og kálplöntum væri sáð þegar tungl var vaxandi en með fullu tungli þótti heppilegt að taka upp grænmeti. Nú hefur aukin þekking í náttúruvísindum sýnt fram á að tunglið hefur til dæmis engin áhrif á það hvernig gulrætur vaxa.

Tunglið er lítill hnöttur

Á braut um Jörðu er annar hnöttur, *tunglið*. Þyngdarkraftur frá Jörðu veldur því að tunglið hreyfist á braut um Jörðina. Tunglið virðist vera miklu stærra en nokkur annar af þeim þúsundum ljósbletta sem við sjáum að nóttu til á himninum. Tunglið er þó mun minna en sólstjörnur næturhiminsins. Skýringin á því að tunglið virðist svona stórt er sú að það er mjög nálægt Jörðinni en stjörnurnar eru í órafjarlægð.

Fjarlægðin til tunglsins er 380 000 km, sem er örstutt vegalengd í óráviddum geimsins. Við getum líka sagt að fjarlægðin til tunglsins sé rúm *ljóssekúnda*. Það merkir að ljósið er rúmlega eina sekúnda að ferðast frá tunglinu til Jarðar.

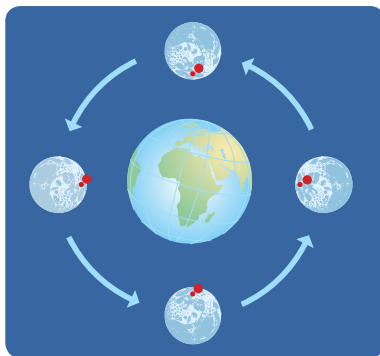
Til að fá skýrari hugmynd um stærð tunglsins og fjarlægðina þangað má hugsa sér líkan (sjá neðst á opnunni). Ef Jörðin er á stærð við appelsínu verður tunglið eins og bláber. Ef fjarlægðin á að endurspegla raunveruleikann má raða þrjátíu appelsínum á milli blábersins og Jarðarinnar.

Tunglið virðist mjög stórt á næturhimninum og þess vegna hefur það skipt miklu máli fyrir fólk frá upphafi vega. Á miðöldum trúðu menn því til dæmis að sólin væri heit og tunglið kalt. Það var skýringin á því að hlýtt var á daginn en kalt á nóttunni. Nú vitum við að næturkuldinn er á engan hátt tunglinu að kenna. Það er kaldara á nóttunni vegna þess að þá erum við í skugga og geislar sólarinnar ná ekki til okkar.

Svo virðist sem tunglið sé miklu stærra en allar stjörnurnar á himninum. Sannleikurinn er hins vegar sá að það er aðeins dvergur miðað við þær. Ástæða þess að það virðist svo stórt er sú að það er svo miklu nær okkur en stjörnurnar.



Ef Jörðin væri á stærð við appelsínu ætti tunglið ekki að vera stærra en bláber. Milli Jarðarinnar og tunglsins kæmust 30 Jarðir fyrir.



Bundinn snúningur tunglsins veldur því að það snýr alltaf sömu hliðinni að Jörðu (sjá rauðu punktana). Við vissum ekki hvernig bakhlið þess leit út fyrr en könnunarfar hafði verið sent á braut um það.

Mánuðirnir ráðast af gangi tunglsins

Tunglið er fylgihnöttur okkar í geimnum. Það er á næstum því hringlaga braut um Jörðina. Tunglið er einn *tunglmanuð* að fara hring um Jörðina, nánar tiltekið 29,5 sólarhringa. Orðið mánuður er dregið af öðru nafni tunglsins, máni. Lengd ársins ræðst af því að Jörðin er rúmlega 365 daga að fara hring um sólina en mánuðirnir ráðast af gangi tunglsins um Jörðina.

Flestir almanaksmánuðirnir eru lengri en 29,5 sólarhringar og að meðaltali eru þeir rúmlega 30,4 sólarhringar. Lengd þeirra er hagað þannig að tólf almanaksmánuðir samsvara einu ári. Tímatal múslima er hins vegar þannig að þeir fylgja gangi tunglsins algerlega. Almanaksmánuðurinn hjá þeim er að meðaltali jafnlangur tunglmanuðinum og þess vegna er árið í íslamska tímatalinu aðeins 354 sólarhringar. Fullt tungl er alltaf í miðjum mánuðinum hjá þeim en íslamska árið hliðrast í sífellu miðað við sólarár okkar.

Á ferð sinni kringum Jörðina snýst tunglið sjálft um eigin möndul. Tunglið er einn mánuð að snúast um sjálft sig og jafnlangan tíma að fara einn hring um Jörðina. Þetta nefnist *bundinn snúningur*.

Þessi bundni snúningur veldur því að tunglið snýr alltaf sömu hliðinni að Jörðinni. Það er aðeins vegna geimferða okkar sem við þekkjum bakhlið tunglsins.

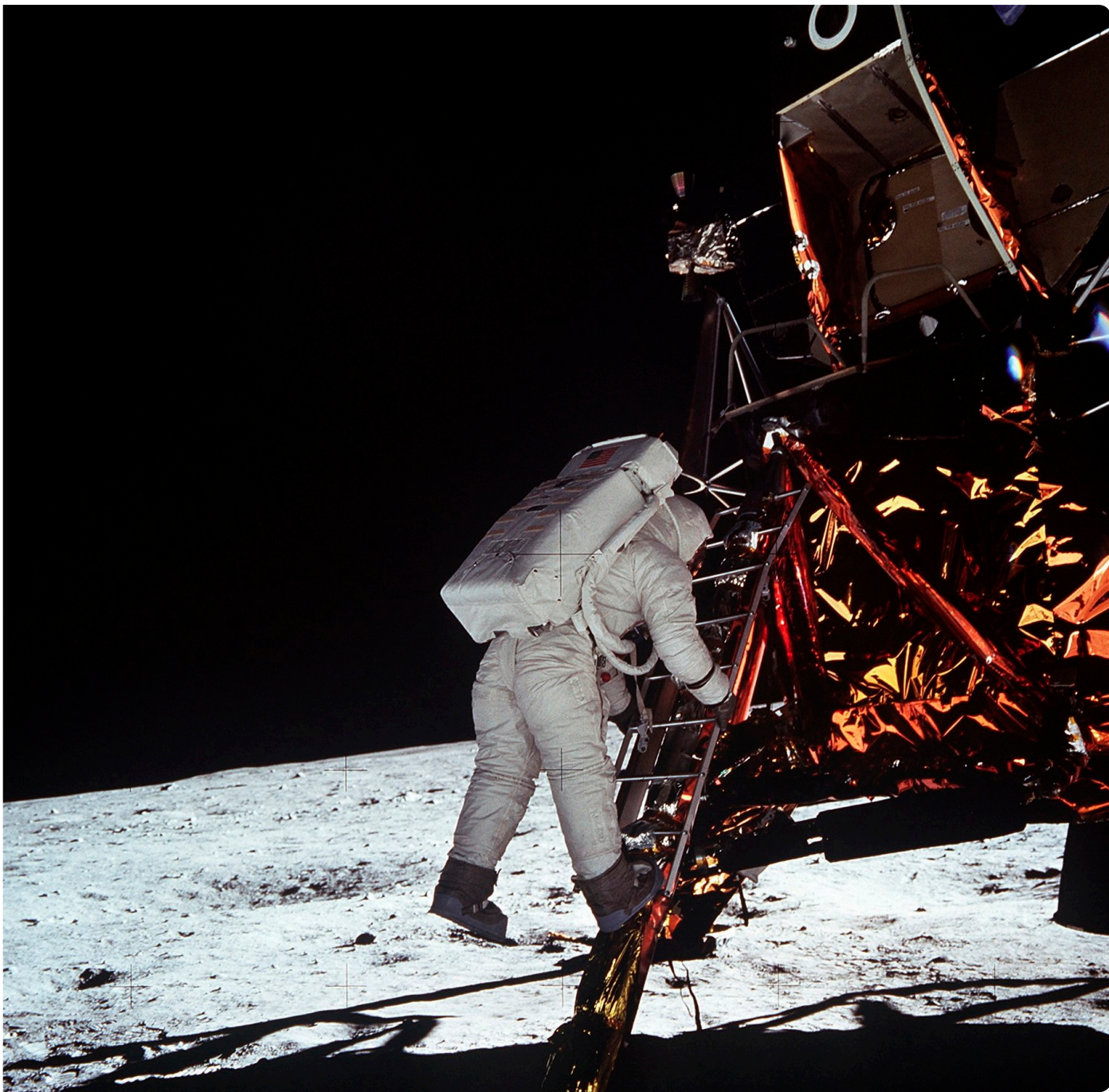
SAGNFRÆÐI

FYRSTU SKREF MANNA Á TUNGLINU

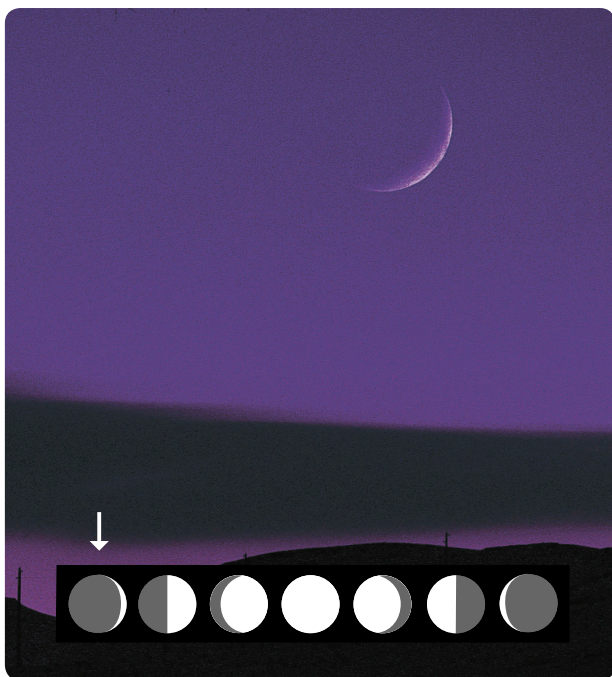
Á sjöunda áratug síðustu aldar áttu vísindamenn heimsins þá ósk heitasta að geta ferðast til tunglsins. Þegar ríkja-sambandinu, sem þá hét Sovétríkin, tókst árið 1957 að senda fyrsta ómannaða geimfarið, Spútník 1., á braut um Jörðu, varð uppi fótur og fit í Bandaríkjunum. Þegar John F. Kennedy varð forseti Bandaríkjanna árið 1961 fól hann vísindamönnum það verkefni að koma mönnum til tunglsins innan tíu ára. Þá hófst geimferðakapphlaupið mikla milli tveggja helstu stórvelda heimsins á þeim tíma.

Þann 21. júlí 1969 stigu menn í fyrsta sinn fæti á tunglið. Milljónir manna um allan heim heyrðu Neil Armstrong segja þessi fleygu orð þegar hann steig fæti á yfirborð tunglsins: „Þetta er lítið skref fyrir einn mann en risastökk fyrir mannkynið.“ Með fyrstu tungllendingunni lauk þessu kapphlaupi milli Bandaríkjanna og Sovétríkjanna. Bandaríkjamenn hættu tunglferðum sínum fjórum árum síðar.

Eftir að mönnuðum tunglferðum lauk hafa vísindamenn sent ómönnuð geimför til tunglsins. Frá því um 1990 hafa til dæmis Japanir, Bandaríkjamenn, Kínverjar og Indverjar sent geimför þangað. Árið 2003 sendi Geimferðastofnun Evrópu (ESA) fyrsta könnunarfar sitt til tunglsins. Markmiðið með ferðinni var að afla upplýsinga um myndun og þróun tunglsins. Könnunarfarið var á braut um tunglið í þrjú ár en þá var því brotlent á tunglinu með 7000 kílómetra hraða á klukkustund.



Fyrsti maðurinn sem steig fæti sínum á tunglið, þann 21. júlí 1969, var Neil Armstrong. Hér er félagi hans Buzz Aldrin að stíga niður úr tunglferjunni.



Pegar tungl er nýtt skín sólin á bakhlið þess. Pegar tunglið er vaxandi á kvöldin sjáum við sigð sem er eins og öflugur bókstafurinn C og við getum hugsað okkur að við stingum vinstri hendinni inn í það (vinstri-vaxandi). Eftir fullt tungl fer það minnkandi og birtist þá mánasigðin aftur en nú sem réttur bókstafurinn C. Vaxandi tungl sést á kvöldin og sest á eftir sól en minnkandi tungl kemur upp á undan sól eftir miðnætti. Fullt tungl er hæst á lofti um miðnætti, það er að segja um kl. 1:30 hér á Íslandi.

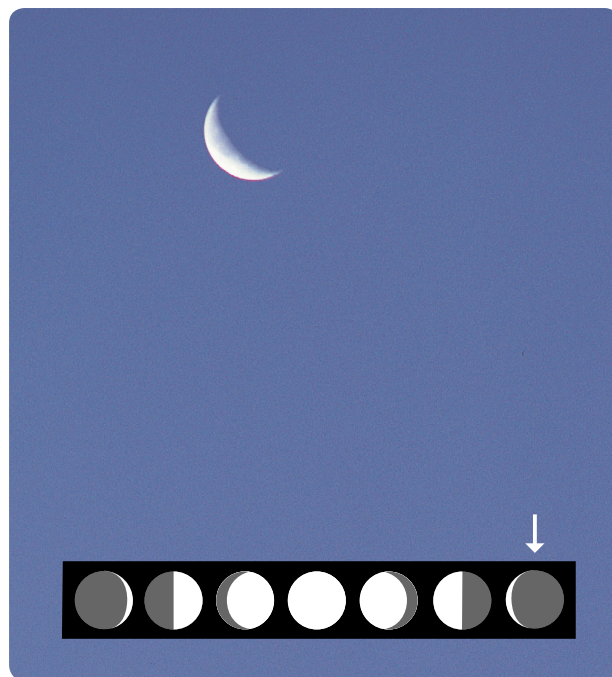
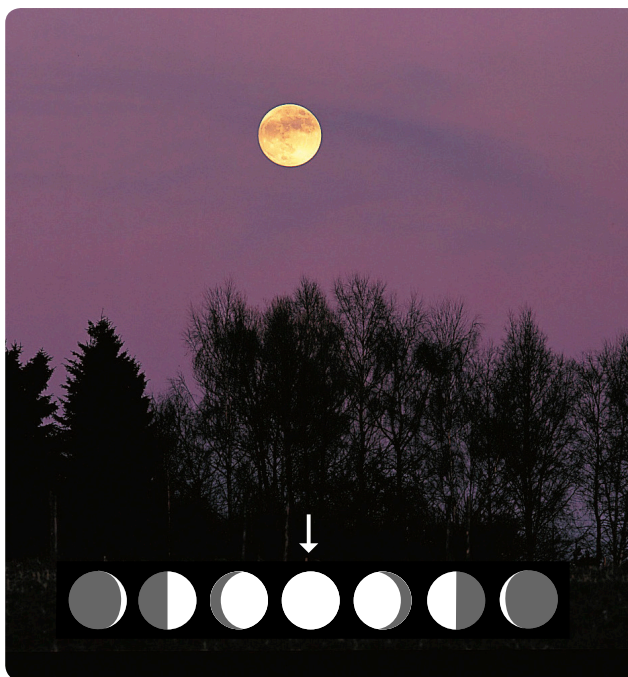
Tunglskin stafar af skini sólar

Pegar tungl er fullt á heiðskírri nótt getur orðið svo bjart úti að við getum lesið á bók. En tunglið lýsir ekki af eigin rammleik. *Tunglskinið* stafar af því að sólin skín á tunglið og hluti sólarljóssins, sem fellur á tunglið, *endurkastast* af yfirborði þess og til okkar á Jörðinni. Pegar við lesum við tunglsljós erum við í reynd að nýta okkur sólskinið.

Kvartil tunglsins

Tunglið færir að næturlagi frá austri til vesturs eftir himninum. Stundum er tunglið kringlótt að sjá á himninum en það getur líka verið sigðlaga, eins og bókstafurinn C eða C á hvolfi í laginu. Það er þó hnöttur, rétt eins og Jörðin, þótt það líti ekki alltaf þannig út frá Jörðu séð.

Þessar reglulegu breytingar á ásýnd tunglsins nefnast *kvartilaskipti*. Ásýnd tunglsins breytist á hreyfingu þess kringum Jörðina og við tölum um mismunandi *kvartil* tunglsins. Sá hluti tunglsins, sem snýr að sólinni, er ávallt upplýstur og hin ýmsu kvartil tunglsins byggjast á því hversu mikið af upplýstu hlið þess sést frá Jörðu.



SAGNFRÆÐI

ÁHRIF TUNGLSINS Á FÓLK FYRR Á TÍMUM

Fólk nú á tímum tekur í besta falli eftir tunglinu þegar það er fullt. Nú spáir fólk yfirleitt lítið í tunglið sem skýrist væntanlega af því að flestir búa í þéttbýli þar sem alls kyns lýsing veldur því að við skynjum skin tunglsins mun verr en ella. Fyrr á tímum var hins vegar engin götulýsing í borgum og bæjum. Þá komst enginn hjá því að finna fyrir töfrum bjartra nóttu undir fullu tungli. Þá trúðu menn því að gott væri að pæla matjurtagarðinn á nýju tungli. Menn trúðu því líka að tunglið gæti haft áhrif á skaplyndi fólks. Við finnum staðfestingu á því í tungumálinu. Fyrr á tímum var oft sagt um fólk sem var ekki andlega heilt að það væri *tunglsjúkt*. Menn trúðu því að *tunglsýkin* væri geðsjúkdómur sem stæði í sambandi við kvartilaskipti tunglsins. Sumt fólk trúir því enn í dag að það verði fyrir áhrifum af fullu tungli. Engin vísindaleg rök hafa hins vegar verið færð fyrir því að tunglið geti haft nokkur áhrif á andlegt heilbrigði okkar, né heldur neitt annað í lífi okkar.

Pannig varð tunglið til

Þegar Jörðin var bráðung er líklegt að risavaxinn himinhnöttur hafi rekist á hana. Mikið efni kastaðist út í geiminn og til varð eins konar skífa úr grjóti og bergleifum kringum Jörðina. Þetta efni þjappaðist smátt og smátt saman og tunglið varð til. Sýni, sem tekin hafa verið á tunglinu, renna stöðum undir þessa kenningu. Þau leiða í ljós að yfirborð tunglsins storknaði fyrir um 4,5 milljörðum ára og það kemur heim og saman við útreikninga stjörnufræðinga á aldri tunglsins.

Þegar tunglið varð til var það miklu nær Jörðinni en það er nú. Það fjarlægist nefnilega Jörðina örlítið með hverju árinu sem líður. Það stafar af tapi á aflfræðilegri orku sem verður vegna sjávarfalla. Í upphafi var tunglið svo nálægt Jörðinni að aðeins fáar Jarðir hefðu komist fyrir í bilinu sem var milli hennar og tunglsins. Tunglið hefur þá sýnst vera risavaxið, frá Jörðinni séð. Nú kæmust um 30 Jarðir fyrir hlið við hlið á þeirri vegalengd sem er héðan til tunglsins.

ITAREFNI



HVAÐ VELÐUR FLÓÐI OG FJÖRU?

Yfirborð hafsins er ekki alltaf í sömu hæð. Á *flóði* hækkar sjávarborðið og sjórinn stígur við strendurnar. Þegar sjávarborðið er hæst tölum við um *háflóð*. Á fjöru er sjávarborðið lægra og sjórinn hörfar til baka við strendurnar. Þegar sjávarborðið er í lægstu stöðu er *háffjara*.

Þetta fyrirbæri kallast einu nafni *sjávarföll* og þau stafa fyrst og fremst af *þyngdarkrafti* frá tunglinu og breytingum á honum eftir því hvort við erum á þeirri hlið Jarðar sem snýr að tunglinu eða á hinni sem snýr frá því.

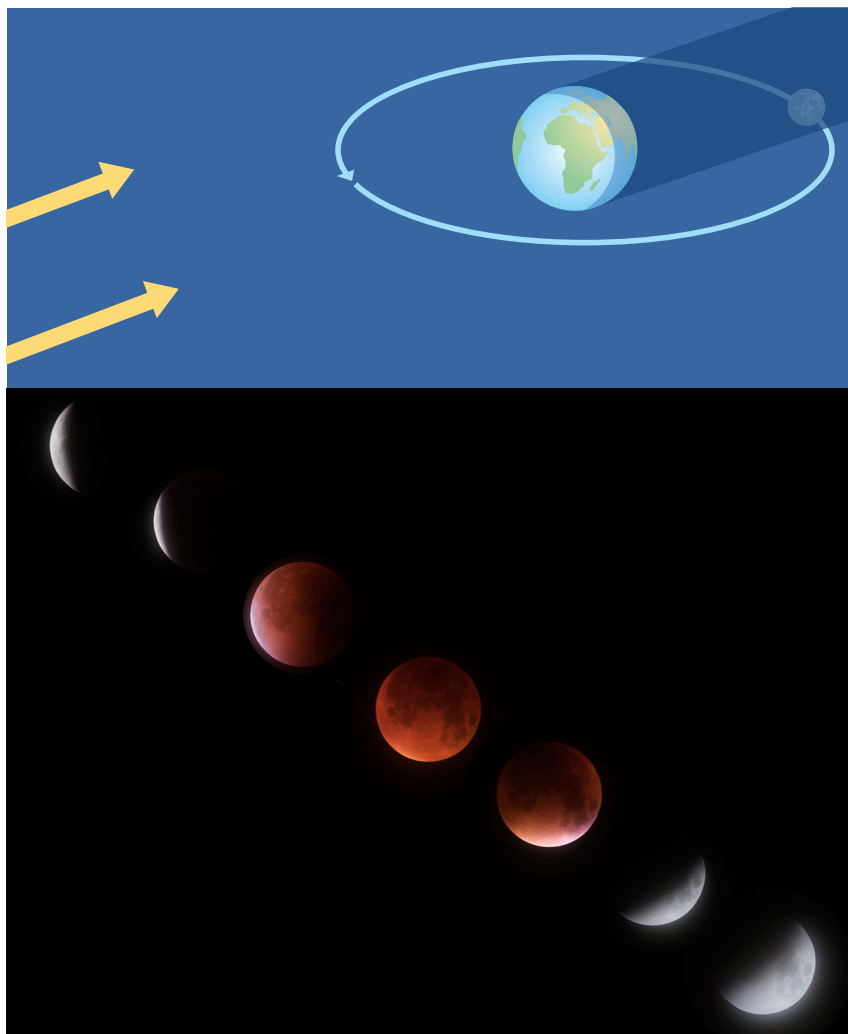
Þyngdarkraftur sólarinnar hefur líka áhrif á sjávarföllin. Sólin er hins vegar svo langt í burtu að hún hefur talsvert minni áhrif en tunglið á flóð og fjöru.

Þegar tungl er fullt eða nýtt eru Jörðin, sólin og tunglið í beinni línu. Þá leggjast þyngdarkraftar sólar og tungls saman í áhrifum sínum á sjávarföllin. Sveifla sjávarfallanna verður þá mest og við tölum um *stórstreymi*. Þegar tunglið er hálf (vaxandi eða minnkandi) verkar þyngdarkraftur sólar þvert á kraftinn frá tunglinu og flóð og fjara verða mun minni. Þá er svokallað *smástreymi*.

Mesti munur á flóði og fjöru á Jörðinni er um 17 metrar, í Fundy-flóa í Kanada í Norður-Ameríku. Á Íslandi er mesti munur við stórstreymi um það bil 4,5 metrar, í norðanverðum Breiðafirði.

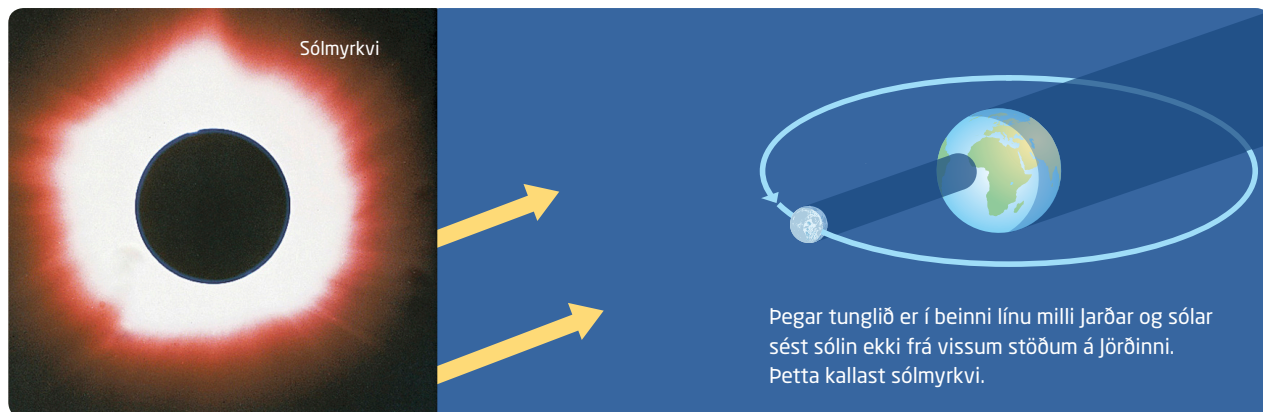
Tunglmyrkvi

Nokkrum sinnum á ári gerist það að Jörðin verður á beinni línu milli sólarinnar og tunglsins. Þá varpar Jörðin skugga sínum á tunglið. Þetta kallast *tunglmyrkvi*. Við sjáum tunglið reyndar áfram þótt það sé myrkvað. Skýringin er sú að geislar sólarinnar bogna í lofthjúpi Jarðar en þó þannig að það eru bara rauðir geislar sólarljóssins sem falla á yfirborð tunglsins. Þetta veldur því að tunglið verður fagurlega koparrautt í stað þess að vera svart. Tunglmyrkvi sést alls staðar á Jörðinni þar sem nótt ríkir, ef skýjahula byrgir ekki sýn. Menn geta sagt fyrir um tunglmyrkva með verulegri nákvæmni.



Þegar Jörðin er á beinni línu milli sólarinnar og tunglsins fellur skugginn af Jörðinni á tunglið og tunglmyrkvi verður.

Tunglmyrkvi.



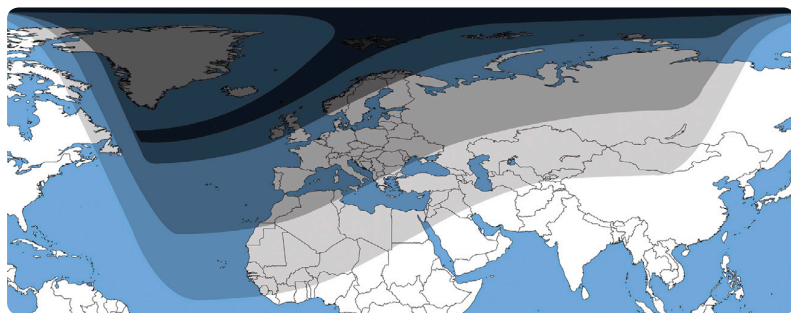
Sólmyrkvi

Þegar tunglið færist eftir braut sinni umhverfis Jörðina gerist það öðru hverju að það lendir á beinni línu milli okkar og sólarinnar. Ef við erum á réttum stað getum við upplifað merkilega hluti. Skyndilega byrjar að dimma um hábjartan daginn. Þetta kallast *sólmyrkvi* og stafar af því að tunglið gengur beint fyrir sólina. Nú vitum við af hverju sólmyrkvi verður en getið þið ímyndað ykkur hversu hrætt fólk varð áður fyrr þegar „slokknaði“ á sólinni?

Ár hvert verða tveir til þrír sólmyrkvar einhvers staðar á Jörðinni. Hver sólmyrkvi sést þó ekki nema á litlum hluta hennar. Við sólmyrkva afmarkar alskugginn af tunglinu rönd eða belti eftir yfirborði Jarðar. Beltið getur mest orðið um 270 km á breidd og myrkvar því aðeins lítinn hluta af jarðarkúlunni. Þau ein fá að upplifa sólmyrkva sem eru svo heppin að vera í skuggabeltinu.

Síðasti *almyrkvi* á Íslandi varð þann 30. júní árið 1954. Hann sást aðeins frá suðurströnd Íslands og í Vestmannaeyjum. Næsti almyrkvi á Íslandi verður þann 12. ágúst 2026 og sést almyrkvi þá einungis frá vestanverðu landinu. Á Austurlandi verður hins vegar deildarmyrkvi.

Föstudagsmorguninn 20. mars 2015 varð mesti sólmyrkvi sem sést hefur á Íslandi í meira en 60 ár. Þetta var þó aðeins deildarmyrkvi, en hann varð mestur 99,5% á Austurlandi. Almyrkvi varð hins vegar aðeins 70 km austur af landinu og náði hann meðal annars yfir Færeyjar.



Þegar aðeins hluti sólar myrkvast er talað um *deildarmyrkva* og eru þeir algengari en almyrkvar. Árið 2015 varð síðast deildarmyrkvi á Íslandi og huldi tunglið þá tæplega 98% af þvermáli sólarinnar í Reykjavík en 99,5% á Austurlandi.

Hvernig er umhorfs á tunglinu?

Þegar tunglið er skoðað með sjónauka blasa við gígar, fjallgarðar og sléttur. Gígarnir hafa þó ekki orðið til við eldgos eins og við eigum að venjast, heldur hafa þeir myndast við árekstur loftsteina á milljörðum ára. Stærstu gígarnir eru nokkur hundruð kílómetrar í þvermál. Fyrr á tímum héldu menn að stóru sléttturnar væru höf en nú vitum við að þær eru storknaðar hraunbreiður. Þær eru þó enn kenndar við höf og má nefna heiti á borð við Friðarhafið, Rósemishafið og Regnhafið.

Nú vitum við nokkuð vel hvernig umhorfs er á tunglinu. Tunglfarar tóku með sér til Jarðar næstum því 400 kg af efni þaðan. Rannsóknir á þessu efni hafa sannfært vísindamenn um að ekkert líf þrífist á tunglinu. Yfirborð þess er býsna hrjóstrugt og kaldranalegt. Hitastigið á tunglinu er frá 120 °C á daginn og niður í um það bil -230 °C á nóttunni. Þessi mikla sveifla skýrist einkum af því að tunglið hefur svo til engan lofthjúp.

Á tunglinu er nánast enginn lofthjúpur. Það veldur því að loftsteinar brenna ekki upp þegar þeir rekast á yfirborð þess. Þess vegna er tunglið alsett gígum.



SIJALFSPRÓF ÚR 3.2

ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

- tunglmánuður • ljóssekúnda • bundinn snúningur • tunglskin
- sjávarföll • kvartilaskipti • tunglmyrkvi • sólmyrkvi • haf (á tunglinu)
- gígur (á tunglinu)

1. Hver er fjarlægðin til tunglsins?

2. Hvaða fullyrðing eða fullyrðingar eru réttar?

Á tunglinu er/eru

A: lofthjúpur B: vatn C: fjallgarðar D: tré

3. Hversu lengi er tunglið

a) að fara einn hring um Jörðina?

b) að snúast einn hring um möndul sinn?

4. Hvers vegna er hitasveiflan milli dags og nætur svona mikil á tunglinu?

5. Fjarlægðin til tunglsins er rúm ein ljóssekúnda. Hvað merkir þetta?

6. „Tunglið ferðast umhverfis sólina“, segir María. Hefur hún rétt fyrir sér? Færðu rök fyrir svarinu.

7. Hvers vegna sést sólmyrkvi bara frá tilteknu svæði á Jörðinni í hvert sinn?

8. Skoðaðu myndina.

a) Hversu lengi er tunglið að færist frá stöðu B til stöðu D?

b) Í hvaða stöðu er tunglið fullt?

c) Í hvaða stöðu er tunglið nýtt?

d) Hversu mikið nær tunglið að snúast um möndul sinn meðan það færist úr stöðu A í stöðu B?

e) Í hvaða stöðu getur tunglmyrkvi orðið?

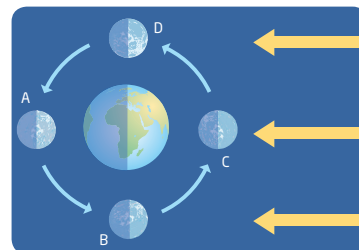
f) Í hvaða stöðu getur sólmyrkvi orðið?

9. Geimfari lendir á tunglinu þegar það er í stöðu A á myndinni.

Hvernig lítur Jörðin út, séð með augum geimfarans? Er Jörðin full, hálf eða ný?

10. Hvers vegna verða sól- og tunglmyrkvar ekki 12 sinnum á ári?

Við vitum að tunglið snýst einn hring um Jörðina á mánuði.





Sólkerfið okkar

Stjörnufræðingar uppgötvuðu fyrir nokkru að í sólkerfinu eru svokölluð smástirni sem eru stærri en Plútó. Þessi uppgötvun vakti ýmsar spurningar, til dæmis þá hversu stór himinhnöttur þyrfti að vera til að teljast til reikistjarna. Í kjölfarið endurskoðuðu stjörnufræðingarnir skilgreiningu sína á reikistjörnu og það varð til þess að Plútó er ekki lengur í hópi reikistjarna sólkerfisins. Nú telst hún aðeins vera dvergreikistjarna. Stjörnufræði er vísindagrein þar sem nýjar uppgötvanir eru gerðar nánast daglega. Geimför, sem hafa farið til Mars, hafa sent okkur gögn sem fela í sér nýjar og áhugaverðar uppgötvanir og við sjáum engan veginn fyrir endann á þeirri þróun.



Mikil helgi var á sólinni í mörgum menningar-samfélögum því að menn töldu að ferð hennar um himininn gæfi okkur daga og nætur og breytileg hæð hennar yfir árið orsakaði árstíðaskiptin. Nú vitum við að það er möndulsnúningur Jarðar sem veldur því að dagur og nótt skiptast á og árstíðaskiptin stafa af möndulhallanum ásamt brautarhreyfingu Jarðar um sól.

Sólin er stjarna

Menn hafa lengi velt fyrir sér úr hverju sólin er og hvers vegna hún sé svona heit og björt. Svörin við þessum spurningum fengust ekki fyrr en tiltölulega nýlega. Frakinn *Pierre Jules Janssen* gerði fyrstu uppgötvunina á þessu sviði árið 1868. Hann var að rannsaka sólarljósið þegar hann uppgötvaði nýtt frumefni sem enginn hafði áður vitað af. Þetta frumefni fékk nafnið helín (helíum), dregið af gríska heitinu á sólinni (*helios*). Á fjórða áratug 20. aldar komst þýsk-bandaríski eðlisfræðingurinn *Hans Bethe* að því hvernig helín verður til og umbreytist í sólinni og gríðarleg orka losnar úr læðingi. Hann hlaut Nóbelsverðlaunin í eðlisfræði árið 1967 fyrir rannsóknir sínar.

Sólin er ósköp venjuleg stjarna í alheiminum, reyndar fremur lítil miðað við margar aðrar sem líkjast henni að öðru leyti. Sólin er hins vegar risavaxin í samanburði við Jörðina. Rúmlega ein milljón Jarða kæmist fyrir í sólinni.

Fjarlægðin til sólarinnar er um 150 milljónir kílómetra. Við getum líka orðað það þannig að fjarlægðin til sólarinnar sé kringum átta ljósmínútur. Ljósið er sem sagt um átta mínútur að berast frá sólu til Jarðar.

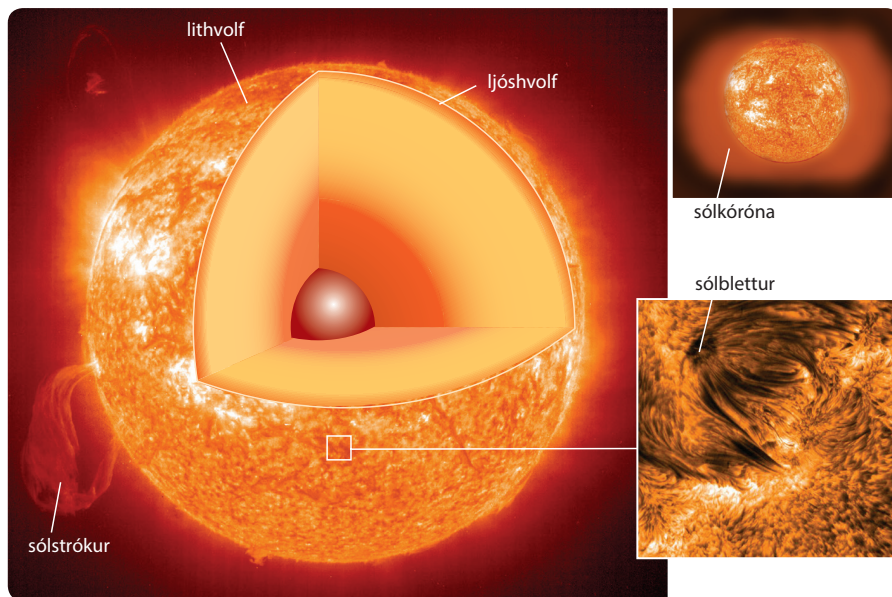
Hvernig er umhorfs á sólinni?

Sólin er hnöttur úr heitum gastegundum, aðallega vetni og helíni. Hitinn í kjarna hennar er 15 milljón gráður. Vísindamenn hafa komist að þessu með margra ára rannsóknum, bæði kennilegum þælingum og með því að nota sérstaka sólarsjónauka. Á síðari árum hafa þeir enn fremur sent gervihnetti á braut um sólina til þess að rannsaka eiginleika hennar sérstaklega.

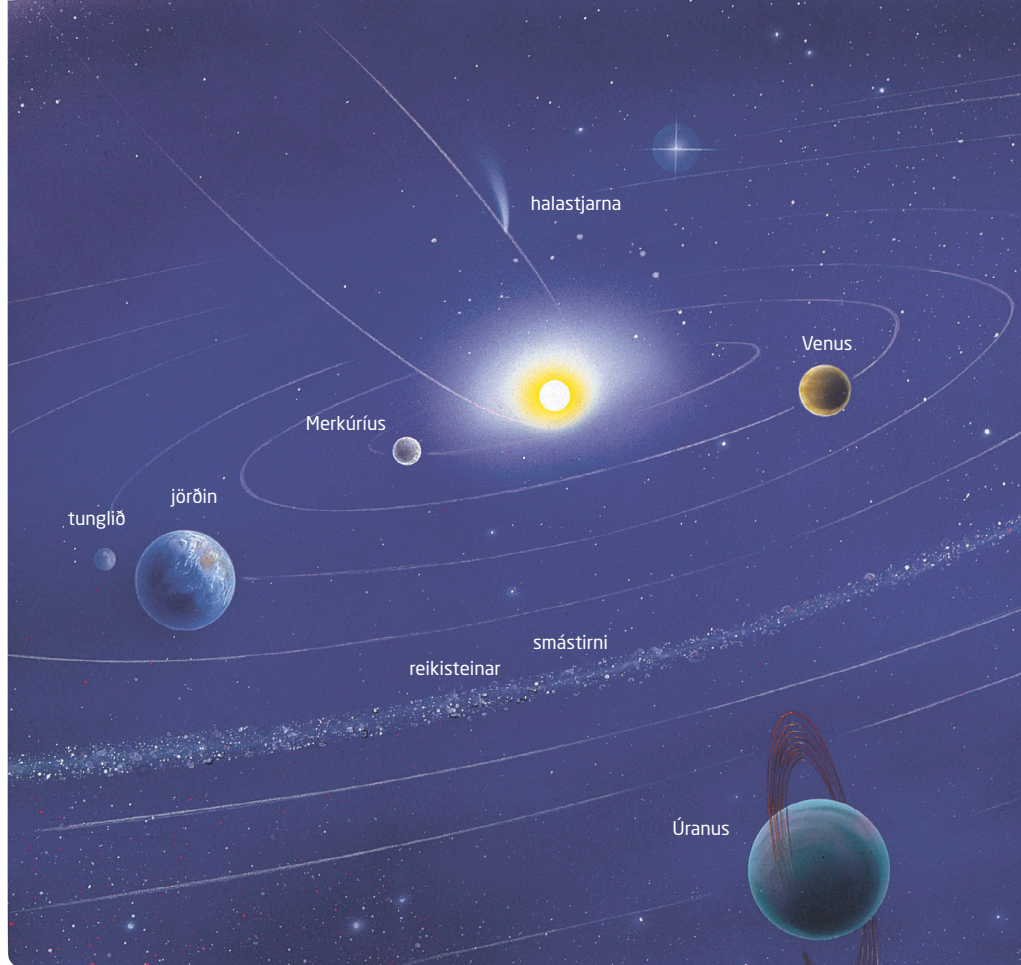
Yfirborð sólar nefnist *ljóshvolf*. Hitinn þar er um 6000 °C. Ef við skoðum ljóshvolfið nánar komum við auga á dökka flekki, svokallaða *sólbletti*. Þeir eru dekkri en umhverfið vegna þess að hitastig þeirra er lægra. Frá Jörðinni má sjá að sólblettirnir færast eftir yfirborði sólarinnar. Þetta er vísbending um að sólin snúist um sjálfa sig. Utan við ljóshvolfið er svokallað *lithvolf*. Út frá því þeytast stundum glóandi ský úr brennheitu gasi. Þessi ský nefnast *sólstrókar* og geta náð hundruð þúsunda kílómetra út frá sólinni. Sólstrókarnir þeyta miklu magni af ögnum út í geiminn og kallast þessi agnastraumur *sólvindur*. Hann nær meðal annars til Jarðar og agnirnar geta truflað rafeindatæki og fjarskipti þar. Menn fylgjast vel með öflugum sólvindum til þess að geta gert ráðstafanir til þess að vernda raforkunetið, gervitungl, Internetið, farsímakerfin, tölvukerfin og önnur rafeindakerfi. Nú eru stjörnufræðingar stöðugt að störfum víða um heim og afla upplýsinga um geimveðrið og láta vita af því ef hætta er á að rafeinda- og raforkukerfi á Jörðu verði fyrir truflunum eða skaða.

Utan lithvolfsins er ysti hjúpur sólarinnar, *sólkórónan*. Þarna er talsvert heitara en á yfirborðinu. Sólkórónan er gerð úr þunnum gastegundum og hitinn í henni getur orðið nokkrar milljónir gráðna. Ysti hluti sólkórónunnar losnar í sífellu út í geiminn sem sólvindur. Hvolfin, sem eru utan ljóshvolfs sólar, það er að segja lithvolfið og sólkórónan, nefnast oft einu nafni *gashjúpur sólar*.

Sólin er risastór hnöttur úr gastegundum. Hitastigið er hæst í inni í sólinni en kólnar eftir því sem nær dregur yfirborðinu. Hitinn hækkar svo aftur utan við yfirborðið.



Allar reikistjörnurnar eru á brautum umhverfis sólina með sömu umferðarstefnu. Brautirnar eru ekki réttur hringur heldur eilíftið sporbaugslaga.

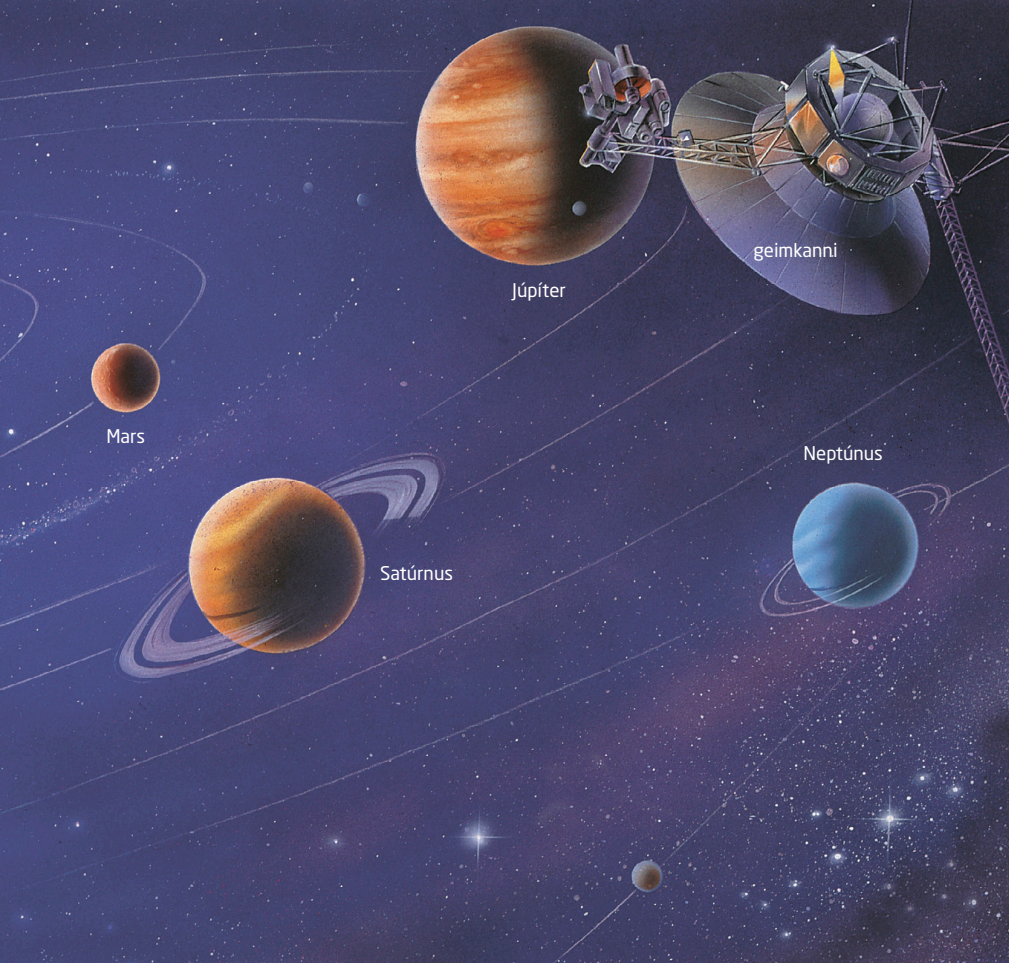


Reikistjörnurnar átta

Reikistjarna er stór hnöttur sem er á braut um stjörnu. Umhverfis sólina okkar eru átta reikistjörnur á næstum því hringlaga brautum. Reikistjörnurnar átta eru þessar, talið frá sólinni: *Merkúrís*, *Venus*, *Jörðin*, *Mars*, *Júpíter*, *Satúrnus*, *Úranus* og *Neptúnus*. Lengi vel var *Plútó* einnig talinn til reikistjarnanna en hann missti þann titil árið 2006 þegar hugtakið reikistjarna var skilgreint á nýjan hátt. Plútó telst nú vera *dvergrikistjarna*.

Þegar himinninn er myrkur og heiðskír sjáum við Venus og Mars stundum sem litla ljósbletti. Þessar reikistjörnur lýsa þó ekki af sjálfu sér. Við sjáum þessar reikistjörnur vegna þess eins að þær endurkasta sólarljósinu, rétt eins og tunglið. Það getur verið erfitt að koma auga á Merkúrís nema horft sé gegnum sjónauka. Við sjáum risana Júpíter og Satúrnus hins vegar oft auðveldlega með berum augum. Ystu reikistjörnurnar, Úranus og Neptúnus, eru svo fjarlægjar að við sjáum þær eingöngu með sjónauka.

Því lengra sem reikistjarna er frá sól þeim mun lengur er hún að fara einn hring umhverfis sólina. Innsta reikistjarnan, Merkúrís, er aðeins 88 daga að fara hringinn en Neptúnus, sem er fjærst sólu, er tæplega 164 ár að fara sinn hring um sólina.



Hvers vegna eru reikistjörnurnar á braut um sólina?

Jörðin og aðrar reikistjörnur sólkerfisins hreyfast eftir brautum umhverfis sólina. Hvers vegna gera þær það? Ástæðan er sú að þegar efni safnast saman og myndar himinhnött verður til *þyngdarkraftur* sem verkar á alla hluti í umhverfi hnattarins. Því meiri sem massi himinhnattarins er þeim mun meiri verður þyngdarkraftur hans sem verkar á aðra hnetti á himninum.

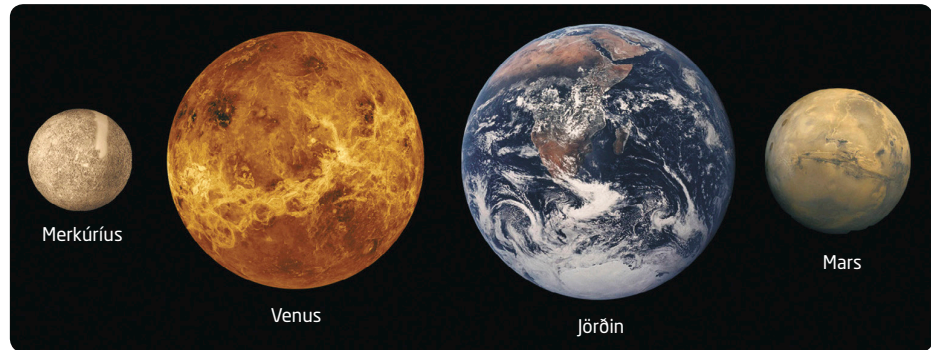
Allir hnettir í sólkerfi okkar verka á aðra hnetti með krafti sem leitast við að draga nálæga hnetti til sín. En vegna þess að 99% af öllum massa sólkerfisins er samankominn í sólinni yfirgnæfir þyngdarkraftur hennar kraftana frá öðrum hnöttum kerfisins. Sólin togar því reikistjörnurnar til sín. Hvers vegna togar hún þær þá ekki alla leið til sín? Það myndi gerast ef þær færu ekki með svo miklum hraða kringum sólina. Við getum líkt þessu við róluhringekju. Ef hringekjan snýst ekki falla rólurnar lóðrétt niður og hanga í þeirri stöðu. En meðan hringekjan snýst þrýstast rólurnar út. Reikistjörnurnar fengu hraða sinn strax í upphafi þegar sólkerfið varð til og þyngdarkraftur sólarinnar hélt þeim á braut um sig. Allt frá þeirri stundu hafa þær ferðast hring eftir hring umhverfis sólina, samfleytt í meira en fjóra milljarða ára.

ITAREFNI

RANNSÓKNIR

Þegar þetta er ritað berast fréttir af því að stjörnufræðingar hafi fundið sterkar vísbendingar um tilvist stórrar reikistjörnu langt handan við braut Neptúnusar og Plútós sem þeir kalla einfaldlega *reikistjörnu níu*. Enginn hefur séð þessa stjörnu, en vísbendingarnar byggjast á ítarlegum rannsóknum og tölvuútreikningum á sporbrautum útstirna — lítilla íshnatta í Kuipersbeltinu.

Fjórar innstu reikistjörnurnar eru þéttar í sér og gerðar úr bergi og grjóti. Á myndinni er stærð þeirra sýnd í réttum hlutföllum.



Merkúríus

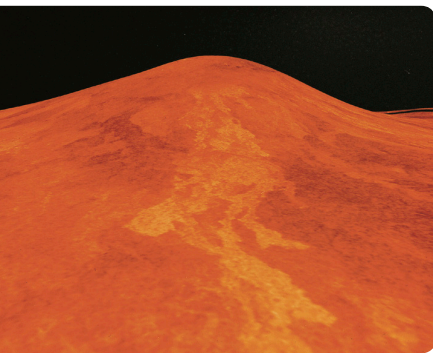
Merkúríus er svo nálægt sólinni að það getur stundum verið erfitt að sjá hann með berum augum. Þessi reikistjarna er aðeins stærri en tunglið okkar og þar er næstum því enginn lofthjúpur. Það, ásamt hægum möndulsnúningi, veldur því að hitastigið getur sveiflast mjög mikið milli dags og nætur. Yfir daginn getur hitinn farið yfir 400 °C en á nóttunni getur hann fallið niður í -180 °C.

Yfirborð Merkúríusar minnir á yfirborð tunglsins okkar og er alsett gígum, hringlaga fjöllum og sléttum. Nýjustu myndir af Merkúríusi voru teknar frá könnunarfarinu *Messenger* árið 2015. Könnunarfarið var á braut um reikistjörnuna og þess vegna var hægt að rannsaka og kortleggja hana alla. Þessar athuganir benda til þess að ís sé líkast til við pólana og að víða séu miklar hraunbreiður.

Venus

Venus hefur lengi gengið undir heitunum *Morgunstjarnan* eða *Kvöldstjarnan* vegna þess að stundum er hún sýnileg rétt fyrir sólarupprás og í annan tíma sést hún eftir að sólin hefur sest. Þegar birta Venusar er mest er hún bjartasta fyrirbærið á himninum, næst á eftir sólinni og tunglinu. Skýringin á því er sú að ský úr brennisteinssýru eru í lofthjúpi Venusar og þau endurkasta sólarljósinu mjög vel.

Venus er næstum því jafnstór Jörðinni. Að öðru leyti eiga þessar tvær reikistjörnur nær ekkert sameiginlegt. Venus er einstaklega ólífvænlegur staður. Þar er lofthjúpur en hann er miklu þykkari en lofthjúpur Jarðar og að langmestu leyti úr koltvísýringi. Sú lofttegund er réttnefnd *gróðurhúsalofttegund* og þess vegna getur hitinn við yfirborð reikistjörnnar náð tæplega 500 °C. Venus er því heitust á yfirborði af öllum reikistjörnum sólkerfisins. Venus og Merkúríus eru einu reikistjörnurnar sem hafa engin tungl.



Á Venusi er heitara en á nokkurri annarri reikistjörnu sólkerfisins. Fjallið á myndinni er 2000 metra hátt eldfjall.

Mars

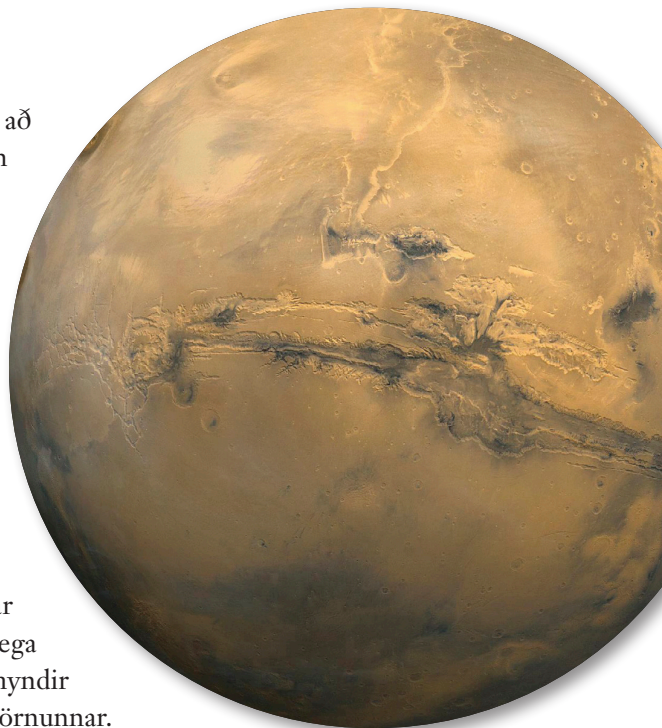
Allt fram á fyrri hluta 20. aldar töldu menn hugsanlegt að Marsbúar væru til. Árið 1965 sendu Bandaríkjamenn könnunarfar til *Mars* og úr því voru teknar myndir sem sýndu eyðilegt yfirborð reikistjörnunnar, alsett gígum, en ekki nokkra einustu vísbendingu um líf. Spurningin um það hvort einhvern tíma hafi verið líf á Mars er hins vegar enn í fullu gildi. Reyndar leita vísindamenn fremur eftir jarð- og efnafræðilegum vísbendingum um sameindir úr lífverum en eftir beinum ummerkjum um Marsbúa.

Mars er helmingi minni en Jörðin að þvermáli en margt er þó líkt með þessum tveimur reikistjörnum. Yfirborð Mars er ryðrautt vegna þess að í jarðveginum er mikið af járnoxíði sem heitir öðru nafni ryð. Á yfirborðinu eru fjölmörg eldfjöll, gígar, dalir, gljúfur og víðáttumiklar sléttur. Ísbreiður eru á pólunum, rétt eins og á Jörðinni. Nýlega hafa komið fram vísbendingar um rennandi vatn á Mars. Hugmyndir hafa komið fram um að senda mönnuð geimför til reikistjörnunnar. Þær ferðir yrðu hins vegar mjög flóknar vegna þess að þær taka langan tíma og geimfararnir verða fyrir hættulegri geimgeislun á leiðinni.

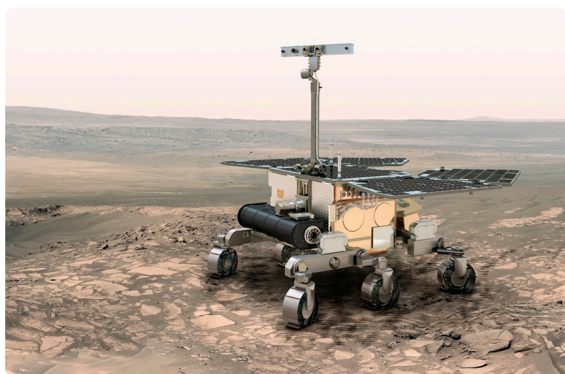
Lofthjúpurinn á Mars er afar þunnur og í honum er einkum koltvísýringur. Á daginn getur hitinn farið upp fyrir frostmark en mun kaldara er á nóttunni vegna þessa þunna lofthjúps. Möndli Mars hallar, líkt og möndli Jarðar, og þess vegna eru mismunandi árstíðir þar, rétt eins og hér.

Á Mars er líklega stærsta og hæsta eldfjall sólkerfisins, *Ólympsfjall*. Það er um 25 kílómetrar á hæð og um 500 km í þvermál.

Tvö tungl, *Fóbos* og *Deimos*, eru á braut um Mars.



Reikistjarnan Mars er ryðrauð á yfirborðinu alsett gígum, eldfjöllum og sléttum.



Áformað er að evrópski könnunarjeppinn ExoMars lendi á reikistjörnunni Mars árið 2018.

Í BRENNIDEPLI

Geimför til Mars

Á þessari stundu eru ómönnuð geimför á braut um reikistjörnuna Mars. Alls hefur mönnum tekist að láta sjö geimför lenda á Mars. Þau fyrstu lentu þar 1976. Geimförin hafa rannsakað yfirborðið og nú hefur verið staðfest að rennandi vatn finnst á Mars.

TIL UMRÆÐU

- Hvað heldur þú að við getum lært af því að senda geimför til Mars?

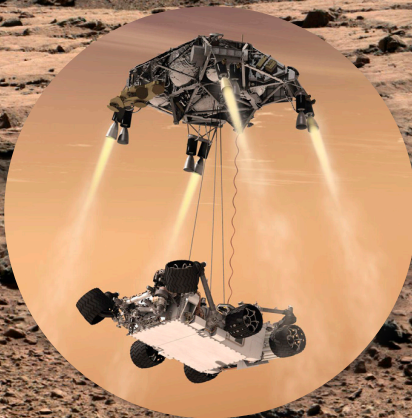
Getum við smitað Mars með lífi?

Menn hafa sent könnunarför til Mars, meðal annars til þess að kanna hvort einhver merki um líf finnst á reikistjörnunni. Þessi för eru dauðhreinsuð áður en þau eru send af stað en geta þó borið með sér jarðneskt líf og smitað Mars með því. Könnunarjeppinn Fróðleiksfúsi (Curiosity) er til dæmis ekki sendur inn á viss svæði á Mars þar sem mestar líkur eru á að líf leynist, einkum ekki inn á þau svæði þar sem helst er talið að rennandi vatn sé að finna.

ER MIKILVÆGT AÐ VIÐ FÖRUM TIL MARS?

Lífshættulegt ferðalag

Á árinu 2012 lenti bandaríski könnunarjeppinn *Fróðleiksfúsi* (Curiosity) á Mars. Honum var meðal annars ætlað að kanna skilyrðin á yfirborði reikistjörunnar. Ekki hefur tekist að ná til baka þeim farartækjum sem hafa lent á Mars. Því verður hægara sagt en gert að tryggja að geimfarar geti snúið aftur til Jarðar eftir landinguna og víst er að enginn verður sendur þangað fyrr en menn hafa náð að tryggja það með nokkru öryggi. Ferðin til Mars tæki 7-8 mánuði og hún yrði lífshættuleg hvernig sem á það er litið.

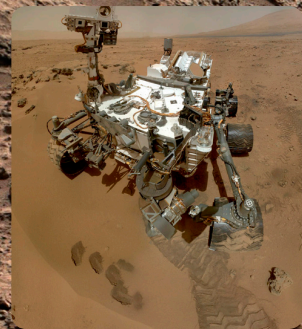


TIL UMRÆÐU

- Myndu mannaðar geimferðir til Mars bæta einhverju við þær upplýsingar sem nú þegar hefur verið aflað með ómönnuðum geimferðum?
- Hvað geta Íslendingar lagt af mörkum til rannsókna á Mars, til dæmis á vegum Geimvísindastofnunar Evrópu?

TIL UMRÆÐU

- Hvers konar líf heldur þú að þessi könnunarför geti borið með sér frá Jörðinni?
- Telur þú að það geti verið að lífverur eða lifandi efni berist héðan og til Mars? Færðu rök fyrir svarinu.



Risar sólkerfisins

Fjórar reikistjörnur í sólkerfinu eru miklu stærri en hinar fjórar. Þessar risareikistjörnur eru *Júpíter*, *Satúrnus*, *Úranus* og *Neptúnus*.

Í öllum þessum reikistjörnum er eingöngu gas. Það má því segja að gashjúpurinn sé öll stjarnan og yfirborð hennar er óljóst.

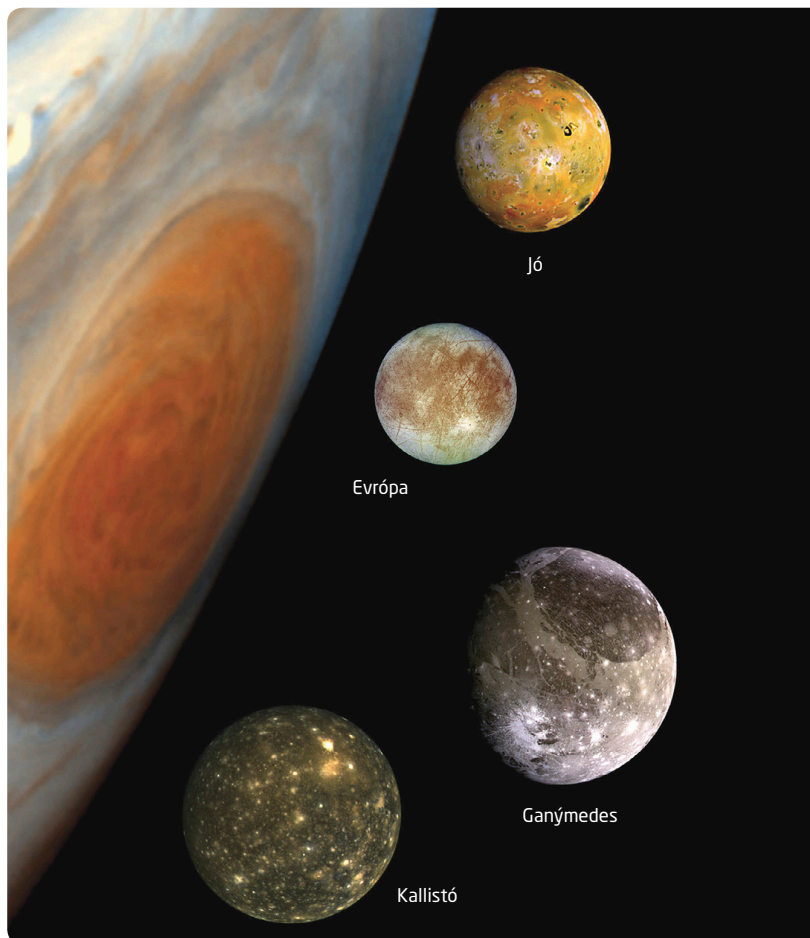
Risareikistjörnurnar eiga það líka sameiginlegt að þær snúast mjög hratt um sjálfar sig og um þær ganga mörg tungl. Þær hafa enn fremur allar um sig mikla *bringa*. Hringarnir eru þó ekki hluti af reikistjörnunum. Þeir eru aðallega gerðir úr íshnullungum, ísögnum og ryki. Tilvist hringanna umhverfis Satúrnus hefur verið þekkt frá því á 17. öld þegar hollenski vísindamaðurinn *Christiaan Huygens* uppgötvaði þá. Menn sáu hringana umhverfis hinar reikistjörnurnar hins vegar ekki fyrr en fyrir fáeinum áratugum.

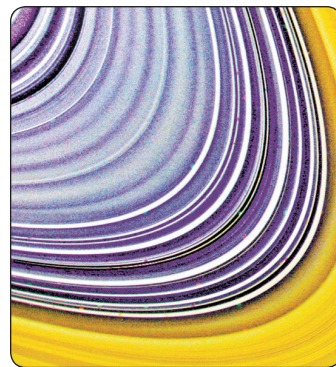
Júpíter

Júpíter er stærsta reikistjarna sólkerfisins og massi hennar er um 300 sinnum meiri en massi Jarðar. Júpíter hefur meira en tvöfaldan massa allra hinna reikistjarnanna í sólkerfinu til samans.

Fram til þessa hafa stjörnufræðingar fundið 67 tungl umhverfis Júpíter, þar af eru fjögur stærri en 1000 km í þvermál en hin eru að öllum líkindum svokölluð *smástirni*. Öll þessi tungl hafa hafnað á braut um Júpíter vegna þyngdarkrafts hans. Fjögur stærstu tunglin, svokölluð *Galíleótungl*, uppgötvuðust þegar á 17. öld og var þar að verki Ítalinn Galíleó Galíleí. Þessi tungl nefnast *Jó* (Íó), *Evrópa*, *Ganýmedes* og *Kallistó*. Ganýmedes er stærsta tunglið í öllu sólkerfinu og er meira að segja stærra en reikistjarnan Merkúrís. Tunglið Jó þykir mjög áhugavert og það er eina tunglið í sólkerfinu sem hefur virk eldfjöll svo að vitað sé. Tunglið Evrópa er þakið þykkri ísbreiðu og stjörnufræðingar telja að fljótandi vatn sé að finna þar undir.

Júpíter og fjögur stærstu tungl reikistjörnunnar. Rauði flekkurinn á yfirborði Júpíters er gríðarstór stormsveipur.



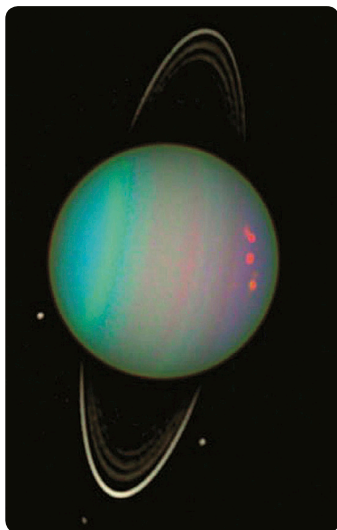


Reikistjarnan Satúrnus og hringar hans. Þeir eru að mestu gerðir úr íshnullungum, ísögnum og ryki. Mismunandi óhreinindi í ísmolunum valda því að hringarnir eru ekki allir eins á litinn.

Satúrnus

Satúrnus er næststærsta reikistjarnan í sólkerfinu og er þekktust fyrir stórfenglega hringa sína. Stjörnufræðingar hafa fram til þessa (árið 2015) fundið 62 tungl umhverfis Satúrnus og 53 þeirra hafa fengið sitt eigið heiti hingað til. Stærsta tunglið nefnist *Títan* og er eina tunglið sem vitað er að hefur þykkan lofthjúp. Snemma árs 2005 fór könnunarfarið *Cassini* á braut um Satúrnus. Ferðin frá Jörðu hafði þá staðið í sjö ár. Um borð í farinu voru sjónaukar og myndavélar sem var einkum beint að hringum Satúrnusar. Könnunarfarið fór meðal annars milli tveggja af hringunum og er enn á ferð um Satúrnus og tunglið *Títan*.

Lofthjúpur Satúrnusar er röndóttur og fagurgulur. Hann lítur ósköp meinleysislega út en rendurnar stafa í raun af gríðarlega öflugum stormum þar sem vindhraðinn er mörg hundruð metrar á sekúndu.



Úranus hefur líka sína hringa. Möndli Úranusar hallar um 98° miðað við sólbauginn. Hvítu deplarnir eru nokkur af stærstu tunglunum.

Úranus

Úranus sést afar illa með berum augum, enda uppgötvaðist hann ekki fyrr en í lok 18. aldar. Nú vitum við að Úranus hafði sést að minnsta kosti tuttugu sinnum áður en reikistjarnan var uppgötvuð og tilkynnt var um fundinn. Í öll þessi tuttugu fyrri skipti héldu stjörnufræðingar að þeir hefðu aðeins séð daufa sólstjörnu.

Úranus er þriðja stærsta reikistjarnan í sólkerfinu og hefur hringa rétt eins og Satúrnus. Möndli reikistjörnnunnar hallar um 98° gráður en til samanburðar má nefna að möndulhalli Jarðar er um 23° gráður. Það tekur Úranus heil 84 ár að fara einn hring um sólina.

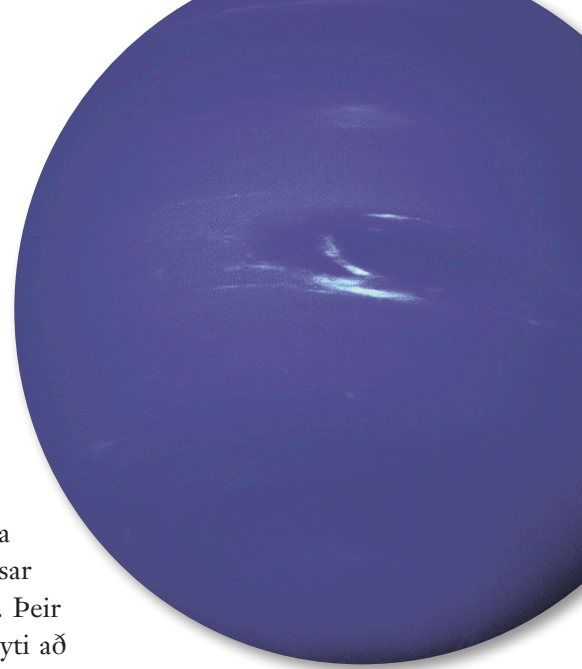
Stjörnufræðingar hafa fundið 27 tungl sem ganga um Úranus. Tvö stærstu tunglin nefnast *Títanía* og *Óberon*.

Neptúnus

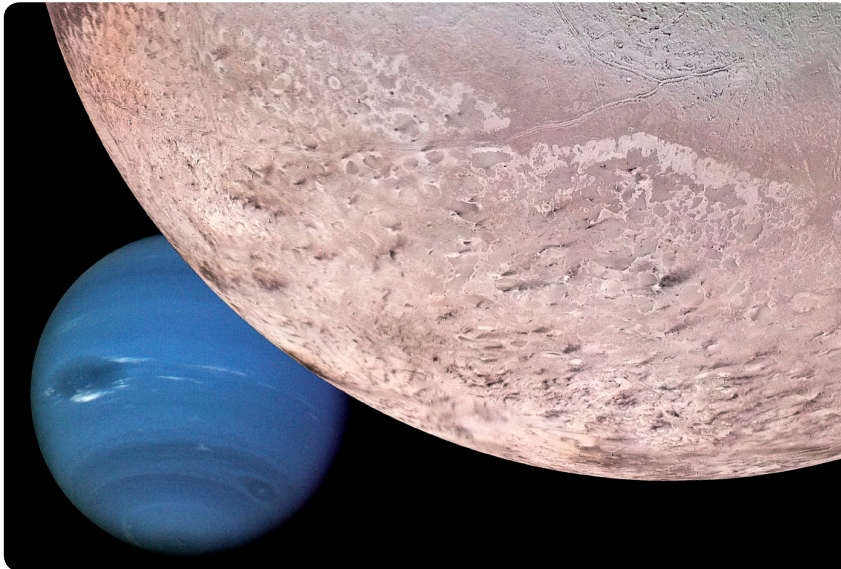
Neptúnus er yst í hópi risareikistjarnanna fjögurra og ysta reikistjarna sólkerfisins. Þessi mikla fjarlægð frá Jörðu veldur því að menn vissu lengi minna um hana en flestar hinna reikistjarnanna. Það var ekki fyrr en könnunarfarið *Voyager 2* fór fram hjá Neptúnusi árið 1989 að menn kynntust betur þessari fjarlæggu reikistjörnu. Þá fékkst meðal annars svar við því af hverju Neptúnus er svona blágrænn. Ástæðan er sú að í lofthjúpi Neptúnusar er svolítið metangas sem skapar þennan lit.

Sagan af því hvernig Neptúnus var uppgötvaður er býsna merkileg. Í upphafi 19. aldar fundu vísindamenn út að braut Úranusar var ekki eins og hún átti að vera, samkvæmt útreikningum þeirra. Þeir töldu skýringuna á þessu vera þá að einhver óþekkt reikistjarna hlyti að hafa þessi áhrif á braut Úranusar. Menn gátu reiknað út hvar þessi óþekkta reikistjarna hlyti að vera og hófst leitin að henni árið 1846. Við leitina voru notaðir bestu stjörnusjónaukar sem þá voru til og síðar á þessu sama ári fannst áttunda reikistjarnan. Sá fundur var mikill sigur fyrir aðferðir vísindanna.

Mörg tungl eru á braut um Neptúnus. Nú hafa fundist 14 tungl og er *Trítón* þeirra stærst. Neptúnus snýst rangsælis um möndul sinn en Trítón hreyfist hins vegar réttisælis um Neptúnus. Trítón er eina stóra tunglið í sólkerfinu sem snýst í öfuga átt við snúning reikistjörnnunnar sjálfrar um möndul sinn.



Á Neptúnusi geisa öflugustu stormar í sólkerfinu og getur vindhraðinn orðið yfir 2000 km/h (500 m/s). Þessi mynd var tekin árið 1989 úr könnunarfarinu *Voyager 2*. Dökki flekkurinn er stormsveipur sem er á stærð við Jörðina.



Myndin sýnir Trítón, sem er nær á myndinni, og Neptúnus. Trítón er sjöunda stærsta tunglið í sólkerfinu og lofthjúpurinn er nær eingöngu úr nitri. Á yfirborði Trítóns er frostið yfir 200 gráður og þarna er því einna kaldasti staður sólkerfisins.

ITAREFNI

SÓLKERFIÐ Á KORTI

Til að átta sig betur á stærð sólkerfisins og vegalengdum í geimnum er gagnlegt að skoða það í kunnuglegum mælikvarða. Ef sólín væri eldhnöttur þar sem þvermálið væri jafnt hæð Hallgrímskirkjuturns, yrði Merkúrís við Grensásveg og þvermál hans um 25 cm. Venus og Jörðin væru um 60 cm í þvermál, Venus við Elliðaár og Jörðin við vegamót Vesturlands- og Suðurlandsvegjar. Mars væri 35 cm í þvermál við Rauðhóla, Júpíter 7,3 m í Hveragerði, Satúrnus 6,2 m á Þjórsárbrú, Úranus 2,6 m við Drangshlíð undir Eyjafjöllum og Neptúnus 2,5 m í þvermál við brúna yfir Kúðafljót.

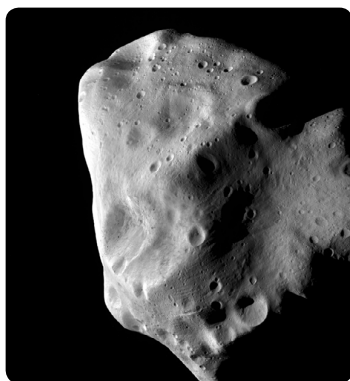


Smástirni og dvergreikistjörnur

Í sólkerfinu er aragrúi *smástirna* á braut um sólina. Smástirni geta verið á stærð við stór björg og upp í risavaxin flykki úr bergi sem eru á stærð við fjallgarða, allt að mörg hundruð kílómetrar í þvermál. Flest smástirnir eru á sveimi milli brauta Mars og Júpíters. Sum þeirra geta stundum komið ískyggilega nálægt Jörðinni. Árið 2013 fór smástirni fram hjá Jörðinni í aðeins 30 000 km fjarlægð, en það er tæplega tíundi hlutinn af fjarlægðinni til tunglsins.

Fram til ársins 2006 var Plútó talinn ein af reikistjörnunum. Menn höfðu hins vegar uppgötvað íshnetti yst í sólkerfinu sem voru álíka stórir og Plútó. Vegna þessa breyttu stjörnufræðingar skilgreiningunni á reikistjörnum. Stærstu íshnettirnir, þar á meðal Plútó, teljast *dvergreikistjörnur*. Plútó er stærsta dverg-reikistjarnan en sú næststærsta heitir *Eris*. Sumar dverg-reikistjörnur hafa eigin tungl.

Þessi mynd af smástirninu Lútesíu er tekin úr evrópska könnunarfarinu Rósettu. Lútesía er um það bil 130 kílómetrar á lengd.





Halastjarnan Hale-Bopp var björt á himni í samfleytt 18 mánuði á árunum 1996 og 1997, tvöfalt lengur en halastjarna sem sást árið 1811 og átti fyrra met.

Halastjörnur

Halastjörnur eru sérstök tegund himinhnatta sem eru á braut um sólina. Þær fara eftir ílöngum sporbaugslaga brautum sem liggja frá jaðri sólkerfisins og inn í nágrenni sólarinnar. Margar halastjörnurnar fara umhverfis sólu, aftur í átt að jaðri sólkerfisins og snúa síðan til baka með reglubundnu millibili. *Halastjarna Halleys* er líklega þekktasta halastjarnan. Umferðartími hennar um sólina er 76 ár.

Halastjörnur eru að mestu leyti úr ís og ryki og þeim er stundum lýst þannig að þær séu óhreinir snjóboltar. Þegar halastjarna nálgast sólina bráðnar ísinn og vatnið gufar upp þannig að til verður skammlífur gashjúpur, svokallaður *haddur*. *Kjarni* halastjörnnunnar getur verið tugir kílómetra í þvermál en haddurinn utan um hann getur orðið stærri en sólina. Stundum myndast einnig dæmigerður *hali* sem snýr alltaf frá sólinni.

Loftsteinar

Smástirni, sem eru minni en 50 metrar í þvermál, kallast yfirleitt *loftsteinar*. Þegar loftsteinn stefnir á Jörðina kemur hann fyrst inn í lofthjúpinn og þar hitnar loftið fyrir framan hann og tekur að glóa. Frá Jörðu sjáum við þetta sem „stjörnuhrap“. Mörgum sinnum á ári fer Jörðin gegnum slóðir halastjarna og þá kemur fjöldi loftsteina inn í lofthjúpinn og við tölum um *loftsteinabréð* á himni. Það er oft magnað sjónarspil.

Stundum falla loftsteinar alla leið í gegnum lofthjúpinn og skella á yfirborði Jarðar. Ef þeir eru stórir getur gígur myndast á jörðu niðri. Árið 2013 kom 10 000 tonna loftsteinn inn í lofthjúp Jarðar yfir borginni Tjeljabínsk í Rússlandi. Steinninn splundraðist í gríðarlegri sprengingu og loftsteinum rigndi niður. Á annað þúsund manns slösuðust, flestir vegna glerbrota sem þeir urðu fyrir þegar rúður brotnuðu.



Lofsteinninn, sem gerði íbúum Tjeljabínsk bilt við, var 10 000 tonn að þyngd og brann að mestu leyti upp í lofthjúpnunum yfir borginni.

VISINDI EÐ PRÓUN

VIÐ YSTU MÖRK SÓLKERFISINS

Skömmu fyrir 1980 settu nokkrir stjörnufræðingar fram þá hugmynd að sólkerfið næði út fyrir braut Plútós, sem þá var talinn til reikistjarna. Þeir töldu að þarna ætti að vera breitt belti lítilla íshnatta sem hæfist við braut Neptúnusar og lægi út frá því. Þetta belti fékk heitið *Belti Kuipers* (Kuipersbelti).

Árið 1992 fékkst staðfesting á hugmyndum þeirra þegar tveir litlir íshnettir fundust í beltinu. Dverg-reikistjarnan *Eris* fannst síðan árið 2005. Nú teljast Eris, Plútó og aðrar dverg-reikistjörnur, ásamt yfir 1300 nýfundnum, fjarlægum smástirnum, vera í beltu Kuipers.

Það var einnig árið 1992 að stjörnufræðingar fengu staðfestingu á hugmyndum sínum þegar tveir litlir íshnettir fundust fyrir utan braut Plútós. Þessir fjarlægu hnettir eru svokölluð *útstirni* og er Plútó talinn stærst þeirra í Kuipersbeltinu. Þá liggja fyrir vísbendingar um að enn lengra í burtu sé að finna gríðarstórt og fjarlægt ský úr halastjörnum sem teygir sig allt umhverfis sólkerfið. Þetta ský er kallað *Ský Oorts* (Oortsský). Sterkar vísbendingar eru um að þetta ský sé til í raun og veru en enginn hefur beinlínis séð það.

Stórir loftsteinar og smástirni geta eytt lífi

Fyrir tæplega 400 milljónum ára skall smástirni, sem var 1,3 km í þvermál, niður þar sem nú eru Dalirnir í Mið-Svíþjóð. Við áreksturinn myndaðist gígur sem er 50 kílómetra breiður. Þetta er stærsti loftsteinagígurinn sem vitað er um í Evrópu. Leifar þessa gígs sjást enn þann dag í dag í svokölluðum Siljanshring. Stöðuvatnið Siljan er hluti þessa gígs.

Ef stórir loftsteinar eða smástirni skella á Jörðinni er hugsanlegt að allt líf deyi út hér. Menn þykjast nú hafa fulla vissu fyrir því að það hafi verið árekstur smástirnis sem varð til þess að risaeðlurnar og fleiri lífverur urðu aldauda fyrir um 65 milljónum ára. Við áreksturinn myndaðist um 200 kílómetra breiður gígur sem var næstum því 10 kílómetra djúpur. Leifar þessa gígs má enn sjá í Mexíkó. Smástirnið, sem var líklega um 10 km í þvermál, skall á Jörðinni með 160 000 kílómetra hraða á klukkustund. Í kjölfarið kviknuðu eldar um allan hnöttinn og yfir 100 metra háar flóðbylgjur gengu á land. Gríðarlegt magn af ryki og sóti þyrlaðist upp í lofthjúpin við áreksturinn og myrkvaði himininn að líkindum í marga mánuði. Þetta olli því að geislun sólar náði alls ekki til yfirborðs Jarðar og mikið kuldaskið gekk yfir Jörðina.

Á tunglinu má líka sjá ummerki eftir árekstur reikisteina. Þeir gígar, sem við sjáum nú á tunglinu og sumum reikistjarnanna, hafa myndast við árekstur smástirna og loftsteina.



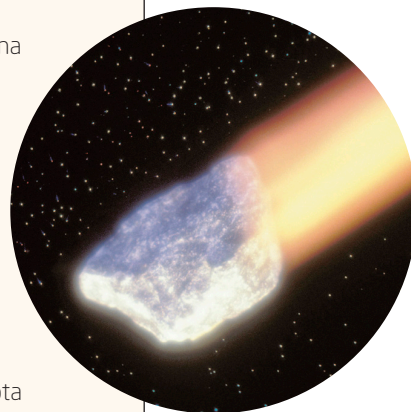
Fyrir um 55 000 árum féll loftsteinn, um 50 m í þvermál, til jarðar þar sem nú er Arizona í Norður-Ameríku. Gígurinn, sem hefnist Loftsteinsgígur (e. Meteor Crater), er heillegustu ummerki sem finna má á jörðinni eftir árekstur loftsteins.

ITAREFNI

GÆTI JÖRÐIN ORÐIÐ FYRIR ÁREKSTRI AFTUR?

Á hverjum sólarhring koma milljónir steina og ísmola inn í lofthjúp Jarðar og brenna þar upp. Ef þeir eru nægilega stórir ná þeir ekki að brenna upp heldur skella á yfirborði Jarðar. Afleiðingarnar geta orðið skelfilegar. Smástirni, sem væri 100 m í þvermál, gæti eytt öllu lífi í borg á stærð við London eða París. Ef þvermálið fer yfir einn kílómetra getur árekstur slíks smástirnis haft veruleg áhrif á lífið á Jörðinni.

Menn hafa velt því fyrir sér hvaða möguleikar séu á því að koma í veg fyrir að Jörðin verði fyrir meiri háttar árekstri utan úr geimnum. Ef til vill mætti sprengja smástirni í tætlur með kjarnorkusprengju. Sú aðferð hefur hins vegar margar aðrar hættur í för með sér, því að enginn veit hvar geislavirk brot kunna að lenda. Önnur hugmynd snýst um að láta geimflug lenda á smástirninu og nota eldflaugarhreyflana til þess að hægja á ferð þess þannig að það hitti ekki Jörðina.



SIÁLFSPRÓF ÚR 3.3

ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

- sólblettur • ljóshvolf • sólstrókur • sólkóróna • reikistjarna • smástirni
- dvergrikistjarna • halastjarna • reikisteinn • loftsteinn • hrapsteinn

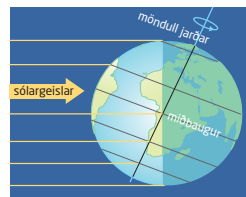
1. Hver er vegalengdin til sólarinnar í ljósmínútum?
2. Hvað heita þeir hlutar sólar sem kallast einu nafni gashjúpur hennar?
3. Hvaða reikistjarna er:
a) stærst? b) minnst? c) næst sólinni?
4. Hvaða reikistjörnur eru í hópi risareikistjarnanna?
5. Af hverju getum við ekki sent geimfar til Júpíters og látið það lenda þar?
6. Í gömlum kennslubókum er Plútó sagður vera ein af reikistjörnunum. Hvers vegna er það ekki sagt í nýrri bókum?
7. Hvar í sólkerfinu eru flest smástirni?
8. Á sumum reikistjörnum er mikill munur á hita dags og nætur. Hvað veldur þessum mikla hitamun?
9. Nefndu fjóra eiginleika sem risareikistjörnurnar eiga sameiginlega.
10. Reikistjarnan Venus sést aldrei um miðja nótt, aðeins skömmu fyrir sólarupprás og skömmu eftir sólarlag. Útskýrðu af hverju þetta er svona.

SAMANTÆKT

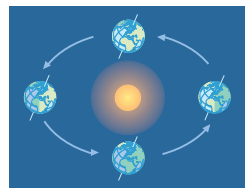
3.1

Jörðin – reikistjarnan okkar

- Jörðin snýst einn hring um möndul sinn á einum sólarhring. Þessi snúningur veldur því að *dagur* og *nótt* skiptast á.
1 ár = 365 sólarhringar (nánar tiltekið 365,2425 dagar að meðaltali).
1 sólarhringur = 24 klukkustundir
1 klukkustund = 60 mínútur
1 mínúta = 60 sekúndur
- Jörðinni er skipt í 24 *tímabelti*. Klukkan er yfirleitt eins alls staðar í hverju tímabelti. Tímamunurinn milli tveggja aðliggjandi tímabelta er ein klukkustund.
- Jörðin hreyfist eftir braut um sólina. Það tekur Jörðina eitt ár að fara hringferð um sól. Eitt ár er að meðaltali 365,2425 sólarhringar. Fjórða hvert ár er *hlaupár*. Hlaupárið er 366 sólarhringar.
- Árið skiptist í árstíðir vegna þess að Jörðin er á ferð um sólina og vegna *möndulhalla* Jarðar.



Dagur og nótt



Árstíðirnar



Tunglið er á ferð umhverfis Jörðina

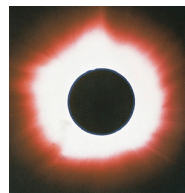
3.2

Tunglið – næsti nágranni okkar

- Tunglið er á ferð umhverfis Jörðina. Það tekur tunglið einn tunglmánuð að fara eina hringferð.
- Tunglið snýst einn hring um möndul sinn á um það bil jafn löngum tíma og það tekur að fara hring um Jörðina. Þetta veldur því að tunglið snýr alltaf sömu hlið að Jörðinni.
- Tunglið lýsir ekki af sjálfisdáðum. Tunglsljósið stafar af því að tunglið endurkastar sólarljósinu sem fellur á það.
- Kvartilaskipti tunglsins byggjast á því hversu stór hluti af upplýstu hlið tunglsins sést frá Jörðu.
- Sólin, tunglið og Jörðin geta allt að tvisvar á ári legið á beinni línu. Þá verða *sól-eða tunglmyrkvar* vegna þess að skuggi tunglsins hittir Jörðina eða tunglið gengur inn í skugga Jarðarinnar. Það kallast *deildarmyrkvi* þegar sólin myrkvast aðeins að hluta.



Tunglmyrkvi

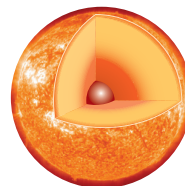


Sólmyrkvi

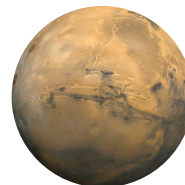
3.3

Sólkerfið

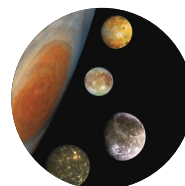
- Það tekur ljósið um það bil átta mínútur að berast frá sól til Jarðar. Fjarlægðin til sólar er með öðrum orðum átta *ljósmínútur*.
- Sólin er *stjarna* (*sólstjarna*). Eins og allar aðrar stjörnur er hún hnöttur úr heitum gastegundum, fyrst og fremst vetni og helíni.
- Ysta lag sólarinnar nefnist *ljóshvolf*. Hitastigið í ljóshvolfinu er um 6000 °C.
- Dökku flekkirnir, sem sjá má stundum á yfirborði sólarinnar, nefnast *sólblettir*. Þessir flekkir eru dökkir vegna þess að yfirborð sólarinnar er kaldara þar en annars staðar.
- Mikil ský úr brennheitu gasi þeytast stundum út frá lithvolfi sólarinnar. Þessi ský nefnast sólstrókar.
- Á braut um sólu eru átta reikistjörnur: *Merkúríus*, *Venus*, *Jörðin*, *Mars*, *Júpíter*, *Satúrnu*s, *Úranus* og *Neptúnus* (Nú stendur yfir áköf leit að þeirri níundu).
- Allar reikistjörnurnar eru dimmir himinhnettir. Þær lýsa ekki af sjálfsdáðum heldur endurkasta þær sólarljósinu. Venus er sú reikistjarna sem virðist björtust á himninum.
- Fjórar reikistjörnur eru miklu stærri en hinar. Þessar svokölluðu *risareikistjörnur* eru Júpíter, Satúrnu, Úranus og Neptúnus. Júpíter er stærsti risinn.
- Merkúríus er minnsta reikistjarnan.
- Satúrnu er einna þekktust fyrir einstaklega fagurt *hringakerfi* sitt.
- Flestar reikistjörnurnar hafa *tungl* sem snúast umhverfis þær. Júpíter hefur fleiri tungl en nokkur önnur reikistjarna í sólkerfinu.
- *Halastjarna* hreyfist eftir ilöngum sporbaug umhverfis sólina. *Halastjarna Halley*s er þekktust allra halastjarna.
- Mikill fjöldi *smástirna* er á sveimi milli brauta Mars og Júpíters.
- Smástirni, sem eru minni en um það bil 50 metrar í þvermál, kallast reikisteinar.
- Í sólkerfinu okkar eru nokkrar *dvergareikistjörnur*. Stærsta dvergareikistjarnan heitir *Plútó*. *Plútó* var talinn til reikistjarnanna þangað til aðrir álíka stórir hnettir fundust.
- Lítill steinn eða stórt bjarg, sem kemur inn í lofthjúp Jarðar, nefnist *loftsteinn*. Hann verður glóandi og brennur yfirleitt upp til agna og þá er talað um *stjörnuhrap*.
- Loftsteinar geta náð alla leið til jarðar og þá nefnast þeir *hrapsteinar*. Ef hrapsteinninn er stór getur áreksturinn valdið því að gígur myndast á yfirborði jarðar.



Sólin er gerð úr heitum gastegundum



Mars – reikistjarnan rauða



Júpíter hefur mörg tungl



Satúrnu og hringar hans



Halastjarnan Hale-Bopp

LOKAHNYKKURINN

1

Tengdu hugtökin til vinstri við lýsingarnar til hægri.

- 1 Ljóssekúnda
- 2 Lofthjúpur
- 3 Halastjarna
- 4 Árstíðir
- 5 Reikistjarna
- 6 Lithvolfr
- 7 Hrapsteinn
- 8 Sólarhringur

- A Það hvolf sólar sem er innan við sólkórónuna
- B Er á braut um stjörnu (sól)
- C Kemur utan úr geimnum og skellur á yfirborði jarðar
- D Stafar af snúningi jarðar
- E Loftlag
- F Hreyfist eftir aflöngum sporbaug
- G Stafar af möndulhalla jarðar
- H Eining sem má nota um fjarlægðina til tunglsins (meðal annars)

2

Hvers vegna er kaldara á veturna en á sumrin?

3

- a) Hér fara á eftir fjórar fullyrðingar um tunglið. Hver þeirra byggist á traustum vísindalegum grunni?

Sagt er að best sé að skera byggðið undir fullu tungli.

A



Pyngdarkraftur jarðar verkar á tunglið.

B



Fullt tungl verkar á skapið bæði hjá konum og körlum.

C



Það er óheyrilega dýrt að ferðast til tunglsins.

D



- b) Hvers vegna eru hinar fullyrðingarnar ekki reistar á traustum vísindalegum grunni?

4

Teiknaðu mynd sem skýrir

- a) sólmyrkva b) tunglmyrkva

5

- a) Hvað er sumartími?

- b) Nefndu líklegar ástæður fyrir því að sumartími sem gildir allt árið var tekinn upp hér á Íslandi árið 1968.
- c) Nefndu bæði kosti og ókosti við það að hafa alltaf sumartíma á Íslandi.

6

Á tunglinu, Mars og Merkúrúsi eru verulega fleiri árekstragígir eftir hrapsteinna en sjá má til dæmis á Jörðinni. Hvað veldur þessu? Veldu einn af eftirfarandi möguleikum:

- A. Ástæðan er sú að Jörðin er miklu stærri en hinir hnettirnir og því hafna fleiri loftsteinar á henni.
- B. Ástæðan er sú að á hinum hnöttunum þremur er enginn lofthjúpur eða hann er miklu þynnri en á Jörðinni.
- C. Ástæðan er sú að á hinum hnöttunum þremur er enginn sjór sem verndar gegn loftsteinum.
- D. Ástæðan er sú að færri smástirni eru nálægt Jörðinni en hinum hnöttunum.

7 Ef við ætlum að senda geimfara til Mars þarf að gæta að mörgu til að tryggja að þeir verði ekki fyrir skaða. Á Mars er til dæmis gríðarlegur munur á hita dags og nætur.

- Hvers vegna er þessi mikli munur?
- Getur þú bent á fleiri atriði sem geta skapað hættu fyrir geimfara á leið þeirra til Mars?
- Nefndu nokkur rök með og móti því að menn fari til Mars.

8 Jörðin snýst um sólina með hraðanum 30 km/s.

- Hvers vegna finnum við ekki fyrir þessum mikla hraða?
- Tunglið hreyfist líka kringum sólina. Hvernig getur þú reiknað út hraða tunglsins á ferð þess umhverfis sólina?

9 Við hverja eða hverjar af reikistjörnunum eiga eftirfarandi lýsingar:

- Hefur mörg tungl
- Er stundum kvöldstjarna og stundum morgunstjarna
- Stærsta tungl hennar nefnist Ganýmedes
- Reikistjarna þar sem líf þrífst
- Þar er mikill fjöldi gíga
- Er minnsta reikistjarnan
- Eitt tunglanna heitir Fóbos
- Hefur ekkert tungl
- Hefur lengstan umferðartíma um sólina

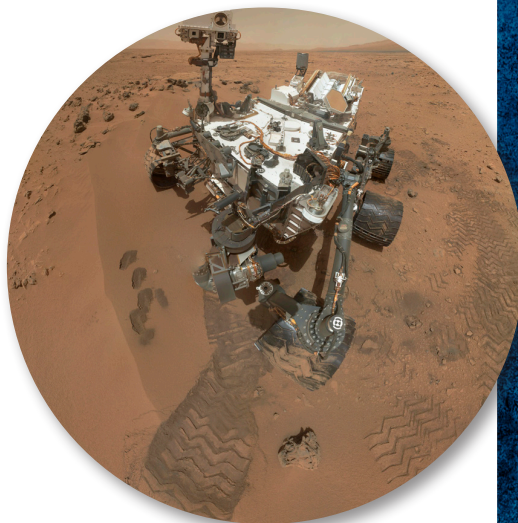
10 Áður voru reikistjörnurnar sagðar vera níu en nú eru þær bara átta talsins. Hvað varð eiginlega um níundu reikistjörnuna?

11 Hver eftirfarandi fullyrðinga er rétt?

- Eitt ár á Venusi er lengra en eitt ár á Jörðinni.
- Eitt ár er jafnlangt á öllum reikistjörnunum.
- Eitt ár á tunglinu er lengra en árið á Jörðinni.
- Eitt ár á Mars er lengra en eitt ár á Jörðinni.

12 Linda og Friðrik hafa fengið það verkefni að rannsaka kvartilaskipti tunglsins með því einu að horfa á tunglið.

- Hvor aðferðin (A eða B) heldur þú að gefi bestu niðurstöðurnar? Færðu rök fyrir svarinu.
- Hversu langan tíma þurfa þau til þess að geta tekið ljósmyndir af öllum kvartilunum?



Við getum líka flett upp í almanaki til að sjá hvaða daga við ættum að fara út og taka ljósmyndir. Svo er líklegt að þetta taki lengri tíma en eina viku.

A

Ég legg til að við förum út á hverju kvöldi í eina viku og tökum ljósmyndir af tunglinu. Svo sýnum við myndirnar í bekknum.

B





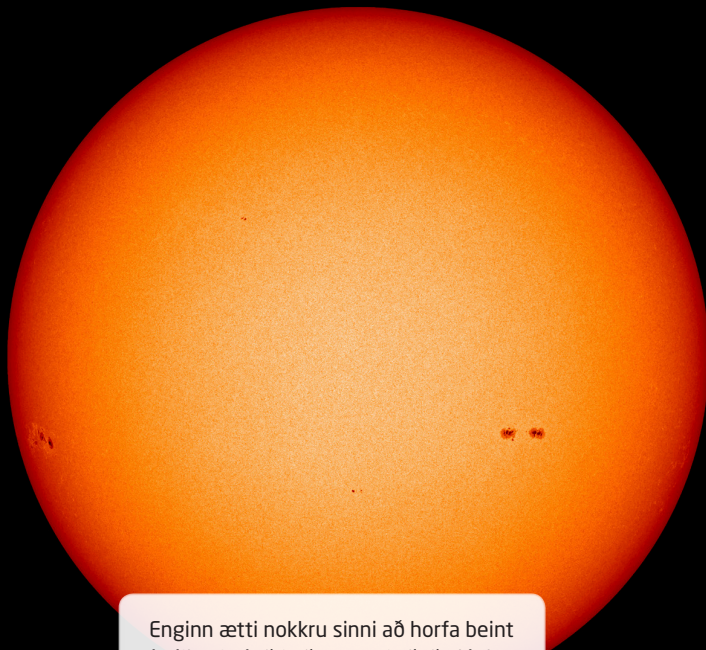
Í vetrarbrautinni Andrómedu eru um það bil 1000 milljarðar stjarna. Hversu margar stjörnur eru í vetrarbrautinni okkar? Hversu margar eru vetrarbrautirnar í alheiminum?

4

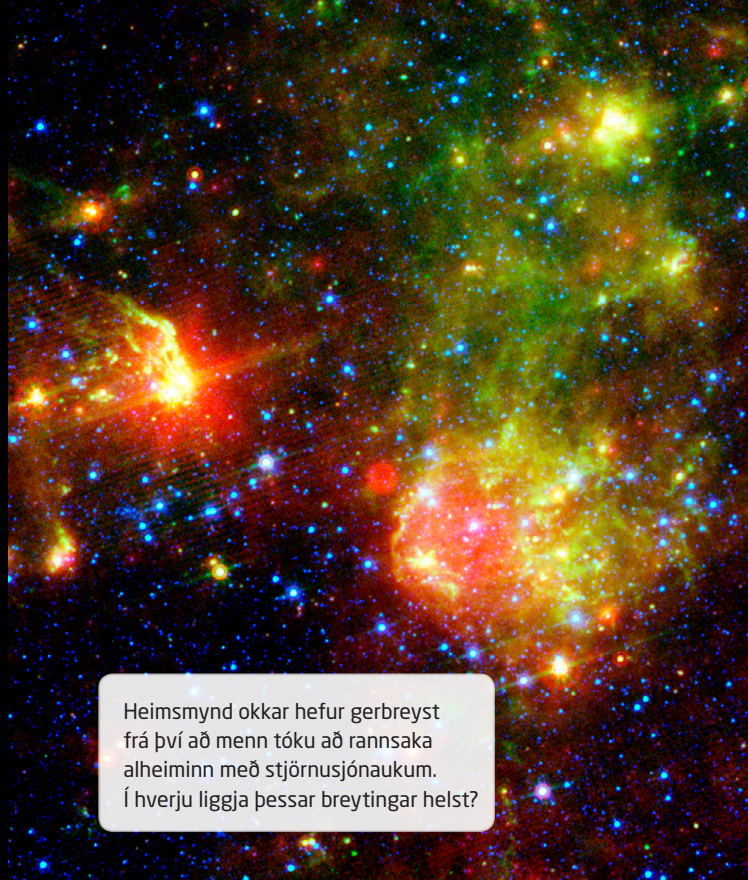
ALHEIMURINN

Stjörnur, sprengistjörnur og vetrarbrautir

Jörðin er um þessar mundir býsna friðsamlegur staður í alheiminum. En úti í geimnum fæðast stjörnur, þær lifa sitt skeið og þær farast í óskaplegum hamförum. Á lokaskeiði sínu mun sólin okkar tútna út og gleypa bæði Jörðina og aðrar reikistjörnur sem eru næstar henni. Kannski á önnur vetrarbraut eftir að gleypa vetrarbrautina okkar. Það er algengt í alheiminum að vetrarbrautir rekist saman.



Enginn ætti nokkru sinni að horfa beint í sólina því að það getur skaðað sjónina illilega. Hvernig eigum við þá að fara að því að rannsaka yfirborð sólarinnar?



Heimsmynd okkar hefur gerbreyst frá því að menn tóku að rannsaka alheiminn með stjörnusjónaukum. Í hverju liggja þessar breytingar helst?

Í ÞESSUM KAFLA LÆRIR ÞÚ

- hvernig stjörnur mynda orku sína og að til eru mismunandi gerðir stjarna
- hvernig menn geta mælt vegalengdir í geimnum og hvernig það hefur haft áhrif á hugmyndir okkar um stærð alheimsins og aldur hans
- hvernig tækniframfarir hafa gert okkur kleift að smíða stærri og stærri stjörnusjónauka, nýjar gerðir stjörnusjónauka og hvernig nýting þeirra hefur breytt heimsmynd okkar
- um stjörnur og vetrarbrautir, hreyfingu þeirra og vegalengdir milli þeirra
- að stjörnuspeki hvílir ekki á neinum vísindalegum grunni og á því ekkert skylt við stjörnufræði
- að taka þátt í rökræðum um það hvort líf geti verið á öðrum reikistjörnum og um leitina að lífi í geimnum og hvaða áhrif það gæti haft á okkur ef við næðum sambandi við geimverur
- um helstu uppgötvanir í stjörnufræði í tímans rás og hvernig þær hafa breytt hugmyndum okkar um tilurð alheimsins og þróun hans
- um kenninguna um miklahvell og um myndun mismunandi frumefna
- um heimsmynd okkar tíma og um hringrás alheimsins
- svolítið um rannsóknir á huldufni og hulduorku

EFNI KAFLANS

4.1 Stjörnur og vetrarbrautir

Í BRENNIDEPLI

Erum við ein í alheiminum?

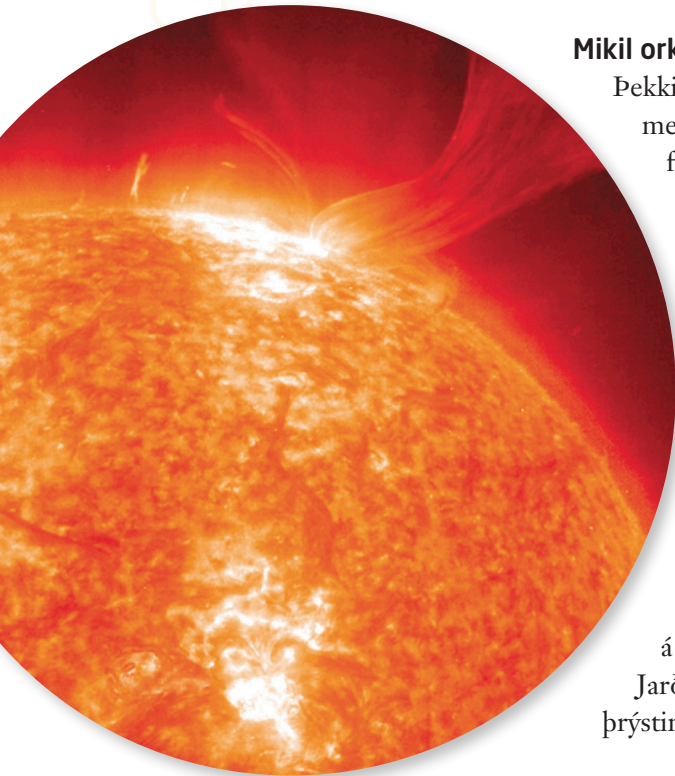
4.2 Þróun alheimsins

4.1

Stjörnur og vetrarbrautir

Í upphafi 18. aldar höfðu menn ekki hugmynd um það hversu langt væri til sólarinnar. Stjörnufræðingurinn *Edmond Halley* setti fram hugmynd að spennandi tilraun sem átti að geta gefið mönnum svar við þessari ráðgátu. Hann taldi að reikna mætti fjarlægðina til sólar með því að mæla hversu langan tíma það tæki reikistjörnuna Venus að ganga fyrir sólina. Halley hafði reiknað það út að Venus myndi ganga tvisvar sinnum fyrir sólina á öldinni, það er að segja árin 1761 og 1769. Þá gætu menn reiknað vegalengdina milli Jarðar og sólar með því að nota lögmál Keplers sem þá voru þekkt, ásamt eldri athugunum á hlutföllum í sólkerfinu. Niðurstöðurnar urðu framar vonum. Stjörnufræðingarnir reiknuðu út að fjarlægðin væri 150 milljónir kílómetra og nú vitum við að hún er 149 milljónir kílómetra. Edmond Halley fékk því miður ekki að lifa það að sjá niðurstöðurnar úr mælingunum. Hann hafði legið í gróf sinni í næstum 30 ár þegar þessar vel heppnuðu mælingar voru gerðar.

Sólin er sú stjarna sem er næst okkur. Hitinn á yfirborði hennar er nálægt 6000 °C.



Mikil orka losnar úr læðingi í stjörnum

Þekking manna á alheiminum hefur aukist gríðarlega frá því að menn mældu fjarlægðina til sólarinnar árið 1761. Það voru fyrst og fremst stóru stjörnusjónaukarnir sem hjálpuðu mönnum til að öðlast betri skilning á alheiminum. Við höfum áttað okkur á því að sólin okkar er bara ein *stjarna* af milljörðum stjarna í alheiminum. Segja má að sólin sé ósköp venjuleg og jafnvel lítt merkileg *stjarna* í öllum þessum fjölda en fyrir okkur Jarðarbúa er hún lífsnauðsynleg. Ef orkuríku sólargeislanna nyti ekki hér þrifist ekkert líf á Jörðinni.

Hvað er það sem myndar þessa orkuríku geisla? Sólin og aðrar stjörnur eru gerðar úr heitum *gastegundum*, fyrst og fremst vetni og helíni. Í iðrum sólarinnar renna vetniskjarnar saman í helínkjarna við *samruna*. Að minnsta kosti fjórar milljónir tonna af massa sólarinnar breytast á hverri sekúndu í orku. Lítil hluti þessarar orku nær til Jarðar með geislun. Í miðju stjarnanna er gríðarlegur hiti og þrýstingur. Í miðju sólarinnar er hitinn 10–20 milljón gráður.

Litur stjarnanna segir til um hita þeirra

Við getum séð hversu heitt yfirborð stjörnu er út frá þeim lit sem hún stafar frá sér. Ef hitastigið er 10 000 °C eða hærra er stjarnan hvít. Ef hitinn er kringum 6000 °C er hún gul. Sólin okkar er dæmi um gula stjörnu. Ef hitastigið er enn lægra færast liturinn yfir í rautt. Í stjörnumerkinu *Óríoni* (nefnist líka *Veiðimaður* eða *Risinn*) er rauð stjarna sem heitir *Betelgás*. Hitinn á yfirborði hennar er kringum 3000 gráður. Rauði liturinn sést best í stjörnusjónauka.

Stjörnur alheimsins eru ákaflega misstórar. Sumar eru margfalt stærri en sólin og eru kallaðar *risastjörnur* eða *risar*. Þvermál þessara stjarna getur verið þúsundfalt stærra en þvermál sólarinnar. Risastjörnur eru iðulega fremur kaldar á yfirborðinu og kallast því *rauðir risar*. Stjörnur, sem eru minni en sólin, nefnast *dvergstjörnur* eða *dvergar*. Þær eru oft mjög heitar á yfirborðinu og kallast því *hvítir dvergar*.

Óravíddir alheimsins

Hraðasta geimflug manna er sex klukkustundir að fara til tunglsins og það tæki hana 40 sólarhringa að ferðast til Mars. Ef við ætluðum að reyna að senda geimflug til þeirrar stjörnu sem er næst okkur utan sólkerfisins, *Proxima Centauri* í stjörnumerkinu Mannfáki, þá tæki það ferðalag líklega tugi þúsunda ára.

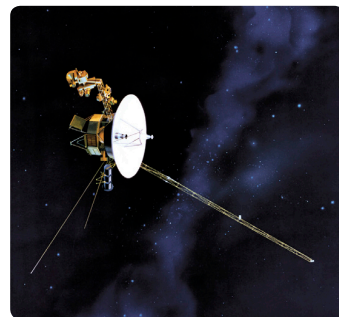
Þegar stjörnufræðingar gefa upp vegalengdir í geimnum nota þeir sjaldnast eininguna kílómetra. Þess í stað nota þeir eininguna *ljósár*. Eitt ljósár er sú vegalengd sem ljósið fer á einu ári. Það er nánast óskiljanlega löng leið því að ljósið ferðast 300 000 kílómetra á sekúndu.

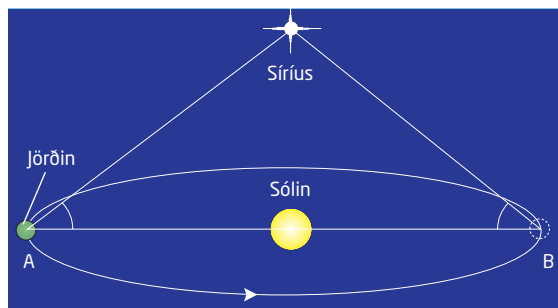
Fjarlægðin til næstu stjörnu, sólarinnar, er átta ljósmínútur. Vegalengdin til þarnæstu stjörnu, *Proxima Centauri*, er 4,2 ljósár. Það tekur ljósið sem sagt 4,2 ár að ferðast frá þeirri stjörnu til okkar. Ef við hér á Íslandi viljum sjá ljósið frá þessari stjörnu með eigin augum verðum við að ferðast til suðurhvelsins. Við sjáum hana nefnilega ekki hér í norðrinu. Næsta stjarna, sem við sjáum hér á norðurhveli (fyrir utan sólina), er *Síríus*. Fjarlægðin til hennar er tæp níu ljósár.

Margir þekkja *Pólstjörnuna* (sem kallast líka Norðurstjarnan eða Leiðarstjarnan). Hún er tiltölulega nálæg stjarna og er í um 400 ljósára fjarlægð frá Jörðinni. Ef við förum út að kvöldlagi og horfum á Pólstjörnuna falla ljósgeislar á augu okkar sem hafa verið á ferðalagi um geiminn síðustu 400 árin!

Liturinn segir til um hita stjarna. Hvítar stjörnur eru heitari en þær rauðu.

Könnunarfarið Voyager 1 var sent út í geiminn árið 1977 og er eini manngerði hluturinn sem er kominn að útjaðri sólkerfisins.





Með þríhyrningamælingu getum við ákvarðað fjarlægð fastastjarna sem eru þó ekki of langt í burtu. Menn hafa þannig komist að því að fjarlægðin til Síríusar er tæplega nín ljósár.

Hvernig mælum við fjarlægðir í geimnum?

Hvernig getum við vitað að fjarlægðin til stjörnuinnar Síríusar er nín ljósár? Stjörnufræðingar geta mælt vegalengdir í geimnum með því að mæla tilfærslu stjörnu á einu ári. Þeir mæla til dæmis hornið til Síríusar á tilteknum degi (A). Hálft ári síðar endurtaka þeir mælinguna (B). Þá er Jörðin eins langt frá þeim stað sem hún var á hálftu ári fyrr og hún getur orðið. Þetta veldur því að A og B afmarka grunnlínuna í jafnarma þríhyrningi. Með þessar

upplýsingar geta stjörnufræðingarnir reiknað fjarlægðina til Síríusar. Þessi aðferð til að mæla vegalengd nefnist *þríhyrningamæling*.

Stjörnufræðingar notuðu sams konar aðferð þegar þeir gerðu tilraun til að mæla fjarlægðina til sólarinnar árið 1761 (sjá hér framar í kaflanum). Hópar vísindamanna voru þá sendir til mismunandi staða á Jörðinni til að mæla þvergöngu Venusar fyrir sólina. Þannig gátu menn fengið þríhyrning milli tveggja fjarlæggra staða á Jörðinni og sólu.

ÞRÓUN Í VÍSINDUM

Æ STÆRRI STJÖRNUSJÓNAUKAR

Lengst af í sögu mannkynsins hafa menn eingöngu getað skoðað himininn með berum augum. Í byrjun 17. aldar náðu menn tökum á nýrri aðferð til að framleiða gler og smíða linsur og þá urðu þáttaskil. Galíleó Galíleí smíðaði fyrsta sjónauka sinn árið 1610, eftir að hann frétti af Hollendingi nokkrum, sem var gleraugnasmiður og hafði smíðað kíkí – áhald sem færði hlutina nær auganu. Allt frá þessum tíma hefur þróunin verið hröð og menn hafa smíðað æ stærri og fullkomnari stjörnusjónauka. Stærstu sjónaukarnir gera stjörnufræðingum kleift að skoða daufar stjörnur og önnur fyrirbæri sem eru gríðarlega langt frá Jörðu. Fjarlægðin er svo mikil að ljósið frá þessum órafjarlægju stjörnum hefur verið á leiðinni til okkar næstum frá því að alheimurinn varð til.

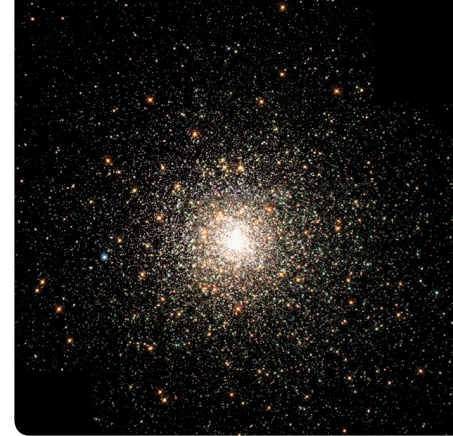
ÁR	STJÖRNUSJÓNAUKI	STAÐUR	HÖNNUÐUR
1610	Sjónauki með glerlinsum	Ítalía	Galíleó Galíleí
1672	Spegilsjónauki	England	Newton
1781	Spegilsjónauki	England	Herschel
1888	Lick-linsusjónaukinn	BNA	Clark
1908	Hooker-sjónaukinn á Wilsons-fjalli	BNA	Hale og Ritchey
1948	Hale-sjónaukinn á Palomar-fjalli	BNA	Anderson, Brown og Hendrix
1963	Útvarpssjónaukinn í Arecibo	Púertó Ríkó	Cornell-háskóli
1990	Hubble-geimsjónaukinn	Á braut um Jörð	Geimferðastofnun BNA (NASA)
2000	Risasjónaukinn í Paranal	Síle	Stjörnustöð Evrópulanda á suðurhveli (ESO)
2018?	James Webb-geimsjónaukinn	Á braut um Jörð	Geimferðastofnun BNA (NASA)



Stjörnur eru oft í þyrpingum

Stjörnurnar eru ekki jafndreifðar um alheiminn heldur eru þær yfirleitt í þyrpingum. Sumar mynda tvennd þar sem þær hreyfast hvor um aðra. Þær nefnast *tvístirni*. Þá finnast stjörnur sem eru þrjár saman í hóp og nefnast *þrístirni*. Þær þrjár stjörnur, sem eru næstar sólkerfi okkar, eru dæmi um þrístirni og eru í stjörnumerkinu Mannfáki. Þær nefnast *Proxima Centauri*, *Alfa Centauri A* og *Alfa Centauri B*.

Mjög oft er mikill fjöldi stjarna samankominn í stórum hópum, svokölluðum *stjörnuþyrpingum*. Þekktasta stjörnuþyrpingin er að líkindum *Sjóstirnið* en heitið er dregið af því að sjö af stjörnunum sjást með berum augum. Í Sjóstirninu eru hins vegar nokkur hundruð stjörnur þegar grannt er skoðað. Í sumum stjörnuþyrpingum eru hundruð þúsunda stjarna.



Stjörnuþyrping er samsafn stjarna sem helst saman í hópi. Þessi hér nefnist M80 og er í vetrarbrautinni okkar, í 28 000 ljósára fjarlægð frá Jörðinni.

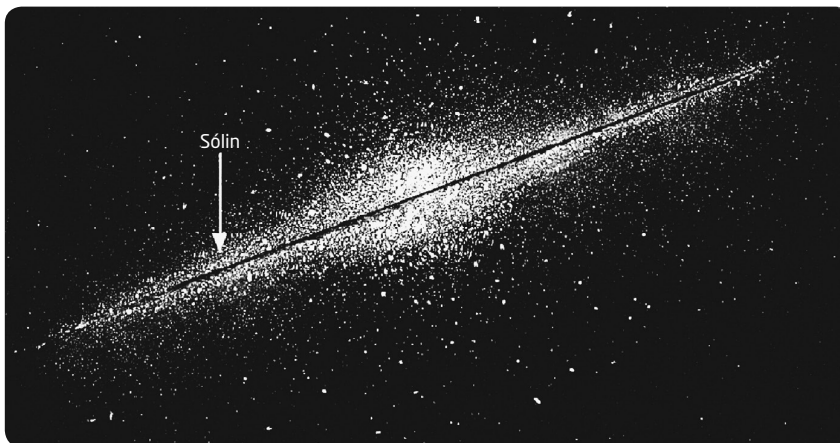
Vetrarbrautin – stjörnuþokan okkar

Á dimmri og heiðskírri nótt sjáum við um 2500 þúsund stjörnur á himni. Allar stjörnurnar sem við sjáum eru ásamt sólinni okkar í stóru stjörnukerfi sem nefnist *vetrarbraut* eða *stjörnuþoka*. Vetrarbraut okkar heitir einfaldlega *Vetrarbrautin*. Hún er þyrillaga og í henni eru 200-400 milljarðar stjarna.

Ef við gætum horft á Vetrarbrautina frá hlið sæjum við að hún líkist skífu sem er þykkust í miðjunni. Þvermál hennar er 100 000 ljósár og þykktin 10 000 ljósár. Sólin er í um það bil 30 000 ljósára fjarlægð frá miðju Vetrarbrautarinnar. Öll Vetrarbrautin snýst um miðju sína og fer einn hring á um það bil 240 milljónum ára. Sá tími nefnist eitt *vetrarbrautarár*.



Þessi vetrarbraut heitir M74 og er þyrillaga líkt og vetrarbrautin okkar. Í henni eru um það bil 100 milljarðar stjarna og hún er því nokkru minni en vetrarbrautin okkar.



Svona er talið að vetrarbraut okkar líti út frá hlið. Hún er 100 000 ljósár í þvermál og sólin er í um 30 000 ljósára fjarlægð frá miðju hennar.



Þessi vetrarbraut heitir NGC 1300 og er af þeirri gerð sem nefnist bjálkavetrarbraut eða bjálkapoka.



Stjörnuþokum eða vetrarbrautum er skipt í flokka eftir útliti þeirra.

Aðrar vetrarbrautir

Vetrarbrautin okkar er aðeins ein af yfir hundrað milljörðum vetrarbrauta í hinum sýnilega alheimi. Þær vetrarbrautir, sem eru næstar vetrarbrautinni okkar, eru *Litla* og *Stóra Magellanskýið*. Þær eru smáar, óreglulegar vetrarbrautir sem sjást með berum augum frá suðurhveli Jarðar þótt þær séu í næstum 200 000 ljósára fjarlægð frá okkur. Þar næst

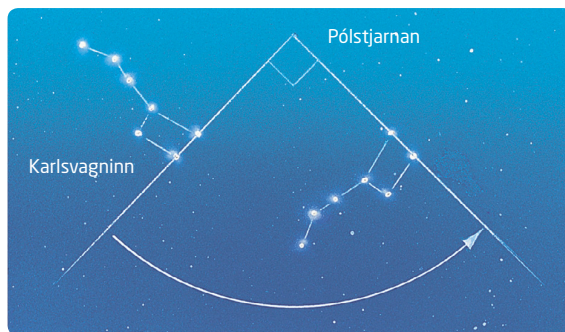
er *Andrómedu-veitarbrautin* sem er í 2,5 milljóna ljósára fjarlægð. Hún líkist Vetrarbrautinni en er þó mun stærri en hún. Andrómedu-veitarbrautin er fjarlægasta fyrirbærið sem við sjáum á næturhimninum án sjónauka.

Vetrarbrautir eru mismunandi að gerð og lögun. Sumar eru *þyrilþokur*, til dæmis vetrarbrautin okkar og Andrómeda. Aðrar eru *kúlulaga* eða *sporvölulaga*. Myndin hér til hliðar sýnir þessar tegundir ásamt fleirum.

Stjörnumerki

Menn hafa frá örófi alda séð fyrir sér mynstur sem verða til úr stjörnunum á himinhvelfingunni. Þessi mynstur kallast *stjörnumerki* og eru ekki endilega þau sömu í mismunandi menningarsamfélögum. *Karlsvagninn* er þekktasta stjörnumerkið á norðurhveli. Hann er gerður úr sjö björtum stjörnum sem mynda útlínur hestvagns eða skaftpotts. Auðvelt er að finna Pólstjörnuna út frá Karlsvagninum. Við drögum línu gegnum stjörnurnar tvær sem mynda framhlið vagnsins og förum eftir henni fimmfalt upp á við. Þá nær þessi ímyndaða lína að Pólstjörnunni.

Pólstjarnan dregur heiti sitt af því að nú um stundir er hún næstum því beint fyrir ofan norðurpólinn, hún er sem sagt á ímynduðum möndli Jarðar sem við framlengjum út í geiminn. Þetta er ástæðan fyrir því að Pólstjarnan færir ekki úr stað á himinfestingunni þegar Jörðin snýst um möndul sinn.



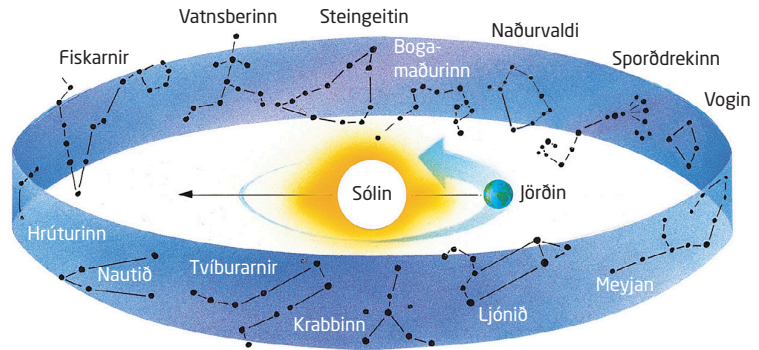
Pólstjarnan er því sem næst í beinu framhaldi af möndli Jarðar og þess vegna virðast stjörnumerkin snúast um hana. Myndin sýnir hvernig finna má Pólstjörnuna út frá Karlsvagninum.

Stjörnuspeki er ekki vísindi

Í hvaða stjörnumerki ert þú? Ef stjörnuspekingar vita hvenær við erum fædd segjast þeir geta búið til stjörnuspákort sem á að geta sagt fyrir um framtíð okkar og lýst persónuleika okkar. Stjörnuspekingar telja að sólin, tunglið og reikistjörnurnar verki á einhvern undarlegan hátt á líf okkar á Jörðinni. Þeir segjast reikna út í hvaða stjörnumerkjum reikistjörnurnar voru þegar við fæddumst og geta síðan gert stjörnuspákort fyrir hvert og eitt okkar.

Ef við horfum í þá átt sem sólin sest á kvöldin sjáum við stjörnumerki bak við hana. Sólin sest í mismunandi stjörnumerkjum eftir árstíma. Stjörnumerki okkar á að ráðast af því í hvaða stjörnumerki sólin settist daginn sem við fæddumst. Ef við eigum til dæmis afmæli 1. apríl teljumst við samkvæmt stjörnuspekinni vera fædd í merki Hrútsins. Þetta átti við fyrir um 2000 árum en nú er sólin í merki Fiskanna þann 1. apríl. Þannig er þessu líka farið með hin stjörnumerkin. Merkin, sem stjörnuspekin miðast við, passa ekki lengur við gang sólarinnar.

Stjörnuspeki byggist á hugmyndum sem menn trúðu á fyrir óralöngu en hún á ekkert skylt við stjörnufræði og raunvísindi nútímans.



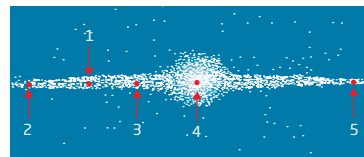
Sólin hreyfist miðað við festinguna um það bil einn hring á ári. Leiðin sem hún fer eftir nefnist *Dýrahringur* og við hann eru tólf stjörnumerki með nokkurn veginn jöfnu millibili. Þau eru kölluð *Dýrahringsmerki*. Sólin er aðeins lengur en eitt ár að fara einn hring miðað við fastastjörnurnar og það er ástæðan fyrir því að hún er ekki alltaf í tilteknu stjörnumerki á tilteknum árstíma.

SIÁLFSPRÓF ÚR 4.1

ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

- samruni • ljósár • tvístirni • vetrarbraut (stjörnuþoka)

1. Hver er næsta stjarnan, að sólinni slepptri, sem við sjáum héðan af norðurhveli Jarðar?
2. Stjarnan Aldebaran er í 65 ljósára fjarlægð frá okkur.
 - a) Hversu mörg ljósár eru milli sólarinnar og Aldebarans?
 - b) Ímyndaðu þér að það slokkni á Aldebaran einmitt í dag. Hvenær myndir þú sjá að slokknad hafi á henni?
3. Lýstu venslunum milli litar stjarnanna og hitastigsins á þeim.
4. Hvers vegna færast Pólstjarnan ekki eftir himinhvelfingunni líkt og aðrar stjörnur?
5. Hverjar eru þrjár nálægustu vetrarbrautirnar?
6. Lýstu því hvernig stjörnufræðingar nota þríhyrningamælingu til að ákvarða fjarlægð til tiltekinnar stjörnu.



7. Myndin sýnir teikningu af Vetrarbrautinni.
 - a) Um það bil hversu langt er milli örvanna númer 2 og 5?
 - b) Ör númer 1 sýnir stöðu sólarinnar. Hver af örvunum sýnir best stöðu Júpíters?
 - c) Björt stjarna er í um 15 000 ljósára fjarlægð frá sólinni, milli hennar og miðju Vetrarbrautarinnar. Við hvaða ör væri sú stjarna?
8. Reiknaðu út hversu margir kílómetrar eitt ljósár er. Gefðu töluna upp í veldisformi.

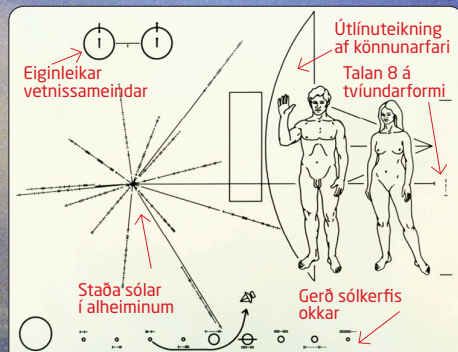
Í BRENNIDEPLI

Merki í geimnum

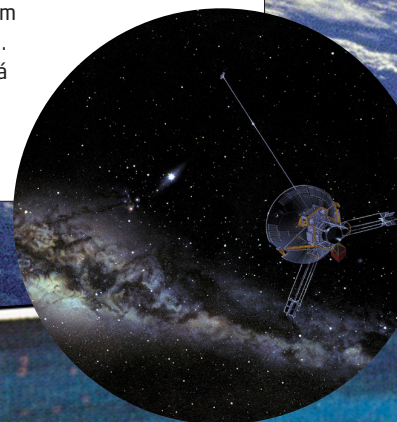
Um árið 1820 stakk þýski stærðfræðingurinn *Carl Friedrich Gauss* upp á því að menn byggju til risapríhyrning í skógum Síberíu með því að fella tré. Þannig gætu geimverur séð að við værum til. Árið 1972 sendu menn eins konar auðkennisskilti manna út í geiminn með könnunarförum Pioneer 10 og 11. Þau eru enn á ferð frá Jörðu og færast æ lengra út í geiminn.

TIL UMRÆÐU

- Heldur þú að einhverjar aðrar lífverur geti skilið táknið í skilaboðum okkar?
- Finnst þér að við eigum að senda merki út í geiminn til að staðfesta að við séum til? Ef svarið er jákvætt: hvernig eigum við að gera það?
- Hvað heldur þú að gerist ef framandi lífverur á öðrum reikistjörnum nema merkin frá okkar?



Þetta skilti er um borð í könnunarförum Pioneer 10 og 11. Á því er kveðja frá Jarðarbúum til hugsanlegra geimvera.



Ekkert vitsmunalíf er annars staðar í sólkerfi okkar

Nú höfum við getað staðfest það með hjálp öflugra stjörnusjónauka og fjölda geimferða að ekkert vitsmunalíf þrífst annars staðar en á Jörðinni í okkar sólkerfi. Enn eru þó einhverjar líkur á því að við finnum ef til vill bakteríur eða aðrar einfaldar lífverur á einhverri hinna reikistjarnanna eða tunglum þeirra — eða þá merki um að slíkt líf hafi einhvern tímann verið í sólkerfinu utan Jarðar.

TIL UMRÆÐU

- Hvaða hugmyndir heldur þú að menn hafi haft árið 1950 um líf á öðrum reikistjörnum í sólkerfi okkar?
- Finnst þér líklegt að menn eigi eftir að finna bakteríur á öðrum hnöttum í sólkerfinu?



Líklegast er að líf sé úti í geimnum

Með einfaldri stærðfræði má leiða líkur að því að líf hljóti að vera til annars staðar í alheiminum. Fjöldi þeirra stjarna, sem líkjast sólinni okkar, er svo mikill að það er ólíklegt að Jörðin sé eina reikistjarnan þar sem líf þrífst. Fyrir rúmum 20 árum þekktu menn ekki eina einustu reikistjörnu utan okkar sólkerfis en í dag þekkjum við yfir nokkur þúsund slíkar reikistjörnur, svokallaðar fjarreikistjörnur. Við höfum ekki minnstu hugmynd um það hversu margar lífvænlegar fjarreikistjörnur eru í öllum alheiminum.

TIL UMRÆÐU

- Hvernig heldur þú að við Jarðarbúar brygðumst ef við næðum sambandi við geimverur?
- Hvaða áhrif heldur þú að það hefði á trúarbrögð okkar ef líf myndist utan Jarðarinnar?

ERUM VIÐ EIN Í ALHEIMINUM?

Rannsóknir halda áfram

Leitin að lífi á öðrum hnöttum í alheiminum heldur áfram af miklum krafti. Bandaríska SETI-stofnunin (SETI er skammstöfun á *Search for Extraterrestrial Intelligence*, sem merkir „leit að vitsmunalífi utan Jarðar“) er einkarekin stofnun sem sinnir leit að lífi í geimnum. Ef vitsmunaverur eru til einhvers staðar úti í geimnum senda þær ef til vill frá sér útvarpsbylgjur. Þess vegna er stóri útvarpssjónaukinn í Arecibo í Púertó Ríkó meðal annars notaður til að „hlusta á“ geiminn, kanna hvort þaðan berast útvarpsbylgjur.

TIL UMRÆÐU

- Telur þú líklegt að útvarpssjónaukinn eigi eftir að nema sendingar utan úr geimnum?
- Finnst þér mikilvægt að leita svara við spurningunni um líf úti í geimnum?



Þróun alheimsins

Um miðja 20. öldina voru einkum tvær kenningar uppi um þróun alheimsins. Önnur gerir ráð fyrir því að alheimurinn þenjst stöðugt út. Samkvæmt hinni er alheimurinn í kyrrstöðu en nýtt efni verður stöðugt til í geimnum. Stjörnufræðingurinn *Fred Hoyle* hallaðist að kyrrstöðukenningunni en í útvarpsviðtali talaði hann fyrstur manna um svokallaðan „miklahvell“ í tengslum við útpenslukenninguna. Nú hafa niðurstöður fjölda rannsókna valdið því að flestir vísindamenn trúa því að kenningin um miklahvell sé sú rétta.

Jörðin í miðju alheimsins

Um aldir voru margir sannfærðir um að Jörðin væri *flöt skífa* umlukin vatni, rétt eins og eyja í hafi. Yfir flatrí Jörðinni var svo himinninn, í laginu eins og hálfkúla. Á þessari himinfestingu sátu stjörnurnar. Sumar þeirra voru bjartari en aðrar og voru því dýrkaðar líkt og guðir. Máttugastur þeirra allra var sólguðinn.

Nokkrum öldum fyrir fæðingu Krists áttuðu stjörnufræðingar þess tíma sig á því að Jörðin hlyti að vera *kúla*. Ein af röksemdunum fyrir því var sú staðreynd að þegar bátur nálgast land sjá menn á landi fyrst mastrið og nokkru síðar kemur allur báturinn í ljós. Þannig væri þetta ekki ef Jörðin væri flöt. Önnur röksemd var sú að stjörnuhiminninn liti alls ekki eins út á mismunandi stöðum á Jörðinni.

Það voru hugrenningar af þessu tagi sem sköpuðu þá nýju heimsmynd sem menn á borð við gríska stjörnufræðinginn *Kládíos Ptólemaíos* áttu þátt í að setja fram.

Í þessari heimsmynd var *Jörðin* miðpunktur alheimsins. Umhverfis Jarðarkúluna snerust svokallaðir sjö föruhimnar, þeirra á meðal tunglhiminninn og sólhiminninn. Ofan við himnana sjö voru heimkynni hinna blessuðu, hvel fastastjarnanna. Af þessu er orðasambandið „í sjöunda himni“ dregið. Sá sem var sæll og glaður var í sjöunda himni, hann var með öðrum orðum nálægt heimkynnum hinna blessuðu. Þessi nýja heimsmynd nefndist *jarðmiðjukenning* því að Jörðin var miðpunkturinn í alheiminum.

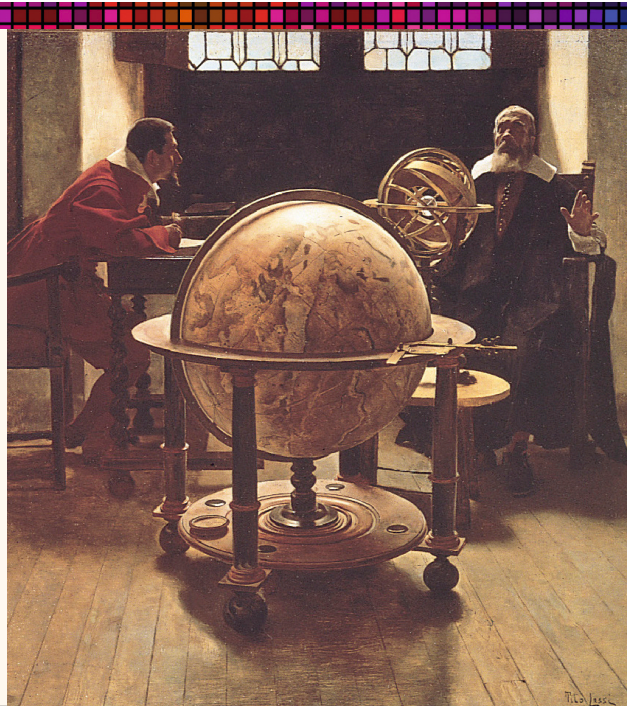
Menn töldu lengi að Jörðin væri miðpunktur alheimsins. Jörðin var umlukin loftinu, eldinum, stjörnunum, tunglinu og eldheiminum, sem var heimkynni guðanna.

SAGNFRÆÐI

GALÍLEÓ GALÍLEÍ

Galíleó, sem er til hægri á þessari mynd, var ítalskur vísindamaður sem var mikilvirkur á 17. öld. Með hjálp sjónauka síns, sem hann smíðaði sjálfur, uppgötvaði hann meðal annars að fjögur tungl voru á braut um Júpíter. Af því gat hann dregið þá ályktun að Jörðin gæti ekki verið miðpunktur alls. Það væri til dæmis rangt að allir himinhnettir snerust kringum Jörðina. Þetta var mikilvæg uppgötvun sem gekk gegn jarðmiðjukenningunni. Fjögur stærstu tungl Júpíters nefnast síðan *Galíleótunglin* eftir honum.

Athuganir Galíleós með sjónaukum sannfærðu hann um að Jörðin og hinar reikistjörnurnar snerust um sólina. Kaþólska kirkjan snerist gegn þessu, hann var dreginn fyrir rétt í Vatikaninu og hótað pyndingum ef hann drægi ekki þessar villukenningar til baka. Það var ekki fyrr en undir lok 20. aldar sem Vatíkanið viðurkenndi að það hefði haft rangt fyrir sér.



Sólin í miðju alheimsins

Árið 1543 kom út bók sem átti eftir að leiða til mikilla breytinga í stjörnufræði. Höfundurinn var pólski stjörnufræðingurinn *Nikulás Kóperníkus*. Í bókinni setti hann fram nýtt líkan þar sem Jörðin var ekki lengur miðpunktur alheimsins heldur sólin. Handan við reikistjörnurnar voru allar fastastjörnurnar á fjarlægri himinkúlu eða festingu. Flestir töldu að við þann himin væru takmörk hins kúlulaga alheims. Þessi nýja kenning nefndist *sólmiðjukenning*.

Kenning Kóperníkusar átti erfitt uppdráttar í fyrstu, enda höfðu menn þá ekki þau miklu gögn sem aflað var síðar þegar stjörnusjónaukinn kom til sögu. Kaþólska kirkjan gat heldur ekki sætt sig við það að sólin væri miðpunktur alheimsins.



Samkvæmt sólmiðjukenningunni er sólin miðpunktur alheimsins. Á þessu málverki sést tunglið, sem er á ferð kringum Jörðina, ásamt Galíleótunglunum fjórum sem svo eru kölluð og eru á braut um Júpíter.

Heimsmynd okkar tíma

Þótt það hafi verið mjög til bóta þegar sólmiðjukenningin tók við af jarðmiðjukenningunni þá vitum við nú að sólin er ekki miðpunktur alheimsins. Hún er fremur lítil stjarna og ein af um tvö til fjögur hundruð milljörðum stjarna í vetrarbraut okkar, *Vetrarbrautinni*. Auk þess er Vetrarbrautin aðeins ein af hundruðum milljarða vetrarbrauta í alheiminum. Hvað vita stjörnufræðingar okkar tíma um það hvernig alheimurinn varð til og um þróun hans?

Nú aðhyllast langflestir vísindamenn kenninguna um miklahvell. Samkvæmt henni byrjaði alheimurinn að þenjast út fyrir um 13,8 milljörðum ára. Þessi útpensla nefnist *miklibvellur* (á ensku „*Big Bang*“). Á óskiljanlega stuttum tíma stækkaði sjálft rúmið gríðarlega mikið. Efni og geislun urðu til og breiddust út þegar alheimurinn stækkaði. Úr efninu urðu síðar til frumefnin sem við þekkjum nú, til dæmis *vetni* og *helín* – frumefnin sem sólin og aðrar stjörnur eru gerðar úr.

Í árdaga alheims

Um 380 000 árum eftir miklahvell lækkaði hitastigið í alheiminum niður í um það bil 3000 selsíusgráður. Þá sköpuðust þannig skilyrði að vetnis- og helínfrumeindir gátu farið að myndast. Að liðnum nokkrum hundruðum milljóna ára voru risavaxin gasský úr vetni, helíni og fleiri frumefnum í öllum alheiminum. Ský af þessu tagi finnast sums staðar enn og nefnast *geimpokur*. Smám saman tóku þessar geimpokur að þéttast og hitinn hækkaði. Þegar hitinn var orðinn nægjanlega hár byrjaði vetni að umbreytast í helín í ferli sem nefnist *samruni*. Þá losnaði orka úr læðingi, meðal annars sem ljós. Þannig mynduðust fyrstu *stjörnurnar*. Því má segja að geimpokurnar séu uppeldisstöðvar stjarnanna.

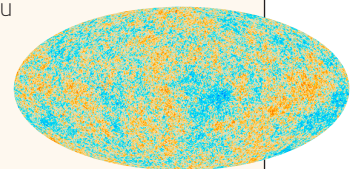
TAREFNI

TVÆR MIKILVÆGAR UPPGÖTVANIR

Það eru einkum tvær uppgötvunarir sem styðja kenninguna um miklahvell. Hin fyrri er sú staðreynd að flestar vetrarbrautir fjarlægjast hver aðra með gríðarlegum hraða. Það styður þá kenningu að alheimurinn þenjast út. Fyrir þúsaldamótin síðustu komust vísindamenn enn fremur að því að alheimurinn þenst út með sívaxandi hraða.

Síðari uppgötvunin tengist því sem kallast *örbylgjukliður*. Þetta er geislun sem er leifar af þeirri orku sem losnaði í miklahvelli og er því elsta ljós í alheiminum. Skömmu eftir 1990 sýndu mælingar

vísindamanna að örbylgjukliðurinn barst ekki jafnt að úr öllum áttum. Þessi mismunur var nákvæmlega jafnmikill og vísindamenn höfðu áður reiknað að hann hlýti að vera. Árið 2013 sýndu vísindamenn þennan mun í örbylgjukliðnum á myndrænan hátt betur en áður hafði verið gert. Mismunandi litir á myndinni sýna mismun í hitastigi. Bláu svæðin eru örlitlu kaldari en rauðu svæðin. Á bláu svæðunum urðu til vetrarbrautir en rauðu svæðin urðu að eyðunum á milli þeirra.





Í Arnarþokunni myndast nýjar stjörnur úr risavöxnum gasstólpum.

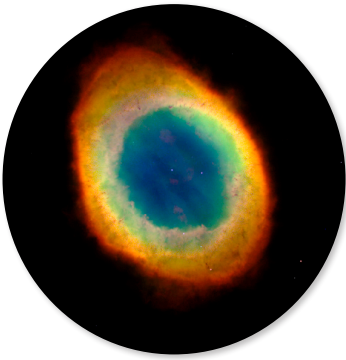


Geimþokur hafa gríðarlegan massa

Í Vetrarbrautinni og öllum öðrum vetrarbrautum finnast enn í dag feiknastórar geimþokur þar sem nýjar stjörnur verða stöðugt til. *Sverðþokan í Óríon* er vel þekkt geimþoka. Við sjáum hana sem ógreinilegan þokublett rétt neðan við *Óríonsbelti (Fjósakonurnar)*. Þótt þokan sé að mestu leyti bara úr gasi er massi hennar gríðarlegur. Sverðþokan hefur um það bil jafnmikinn massa og tvö þúsund sólar. Í geimþokum er þar af leiðandi svo mikill efniviður að þar geta myndast fjölmargar sólar. Aðrar þekktar geimþokur eru til dæmis *Arnarþokan*, *Riddarþokan*, *Krabbaþokan* og *Hringþokan*.

Sólkerfið okkar verður til

Stjarnan okkar – sólin – varð til úr geimþoku fyrir um 4,5 milljörðum ára. Efniviðurinn safnaðist saman á ýmsum stöðum í gas- og rykskýnu. Kringum þann stað í skýinu, þar sem sólin átti eftir að myndast, dróst efnið saman í hringlaga skífu. Vegna þyngdarkrafts dróst efniviðurinn í skífunni saman í smærri himinhnetti. Þeir urðu smám saman að Jörðinni og hinum reikistjörnunum í sólkerfinu. Þetta er ástæðan fyrir því að reikistjörnurnar eru um það bil jafngamlar og sólin. Með hringsóli sínu um sólina varðveita reikistjörnurnar snúninginn sem var í skýinu í upphafi.



Í stjörnumerkinu Hörpunni er Hringpokan. Gasský hefur þeyst út í geiminn eftir sprengingu og í miðjunni situr svokallaður hvítur dvergur.

Stjörnur lifa lengi

Þegar stjarna tekur að lýsa losnar orka sem vinnur gegn aðdráttaráhrifum þyngdarinnar. Stjarnan kemst þá í stöðugt ástand sem varir stærstan hlutann af ævi hennar. Sólin okkar er talin vera um það bil hálfnuð með æviskeið sitt sem lýsandi stjarna. Hún á því eftir að „lifa“ enn í um það bil 4,5 milljarða ára.

Hver stjarna lýsir svo lengi sem hún hefur eldsneyti til samrunans. Það er merkilegt að mjög massamiklar stjörnur lifa skemur en þær sem hafa minni massa. Skýringin er sú að stórar stjörnur „sóa“ eldsneyti sínu hratt og þess vegna klárast það fyrr en hjá hinum.

Rauðir risar og hvítir dvergar

Þegar vetnið í stjörnu eins og sólinni okkar klárast fer hún að eldast verulega. Stjarnan þenst út og breytist í *rauðan risa* og verður þannig í nokkrar milljónir ára. Á þessu skeiði er stjarnan óstöðug og byrjar að varpa frá sér efni sínu út í geiminn.

Þegar rauða risaskeiðinu lýkur og stjarnan hefur varpað næstum öllu efni frá sér stendur nakinn kjarni hennar eftir. Kjarninn er á stærð við Jörðina og kólnar með tíð og tíma. Stjörnuleif af þessu tagi kallast *hvítur dvergur*. Hvítir dvergar hafa yfirleitt álíka mikinn massa og sólin okkar en þeir eru þó ekki stærri en Jörðin. Efnið í hvítum dvergum er svo þétt í sér að teningur á stærð við sykurmola vegur álíka mikið og bíll.

RANNSOKNIR

MÆLINGAR Á ÞYNGDARBYLGJUM

Albert Einstein spáði því árið 1916 að þyngdarbylgjur hlytu að vera til og kom sá spádómur hans fram eftir að hann setti fram afstæðiskenningu sína.

Þyngdarbylgjur verða til þegar gríðarlega massamiklir hlutir, til dæmis tvö svarthol, rekast saman eða þegar stjarna springur. Áhrifin líkjast einna helst höggbylgju. Þyngdarbylgjurnar ferðast um geiminn/tímarúmið frá upprunastaðnum og minna þá á það þegar steinvölu er varpað í kyrrt vatn og gárur myndast. Sá er þó munurinn á að þyngdarbylgjurnar ferðast með hraða ljóssins. Einstein hugsaði sér tíma og rúmið (geiminn) sem einn og sama hlutinn, tímarúmið, sem er sveigjanlegt eins og strekkt lak. Ef skyndilegar breytingar verða á tímarúminu getur það gárast, það verður ekki lengur slétt heldur með bungum og dældum.

Menn hafa leitað þyngdarbylgna árum saman. Í Bandaríkjunum voru settar upp tvær mælistöðvar með svokölluðum víxlunarnemum og eru 3000 km á milli þeirra. Þetta leitarverkefni nefnist LIGO (e. Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory). Þann 14. september 2015 tókst vísindamönnum, sem unnu að LIGO-verkefninu, að greina þyngdarbylgjur í fyrsta sinn, frá atburði sem átti sér stað fyrir 1,3 milljörðum ára (sem sagt í 1,3 milljarða ljósára fjarlægð). Þá runnu saman tvö svarthol, annað 29 sinnum massameira en sólin og hitt hafði massa 36 sólna. Á sekúndubroti breyttist massi, sem jafngildir þremur sólum, í þyngdarbylgjur við áreksturinn og þær komu nú í fyrsta sinn fram á mælitækjum.





Framtíð sólarinnar

Eftir um það bil 4,5 milljarða ára tekur sólin að þenjast út og breytast í *rauðan rísa* sem gleypir þá innstu reikistjörnurnar þannig að lífið þurrkast út á Jörðinni. Hluti af gasi sólarinnar þeytist út í geiminn. Sólin breytist í svokallaða *geimpöku*. Nokkrum milljónum árum síðar endar sólin sem lítill hvítur dvergur sem kólnar smám saman og myrkvast. Sólin verður þá ekki miklu stærri en Jörðin er nú og kjarnasamruninn hefur stöðvast. Sólkerfi okkar sefur þá í sorta geimsins.

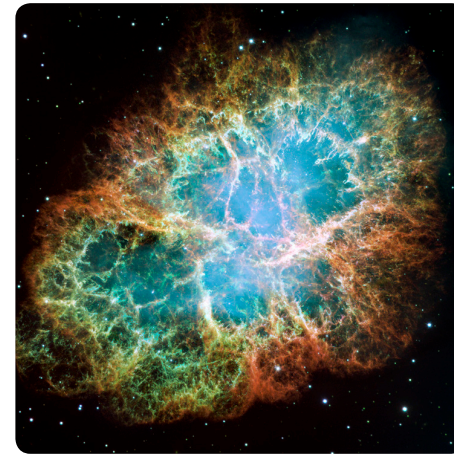
Sprengistjörnur og nifteindastjörnur

Stjörnurnar eldast ekki allar á sama hátt. Endalok þeirra stjarna, sem eru meira en átta sinnum massameiri en sólin okkar, verða stórum mikilfenglegri en þeirra sem minni eru. Þegar eldsneytið gengur til þurrðar hrynja þessar stjörnur algerlega saman. Ystu hlutar þeirra springa út á við og til verða óheyrliga bjartar stjörnur sem kallast *sprengistjörnur*. Í miðju þeirra situr lítill og samanþjappaður hnöttur sem kallast *nifteindastjarna*. Þvermál hennar er ekki meira en nokkrir tugir kílómetra. Efnið í nifteindastjörnu er svo þétt í sér að teningur á stærð við sykurmola vegur jafnmikið og nokkrar milljónir bíla.

Svarthol

Allra þyngstu stjörnurnar ljúka ævi sinni í enn stærra hruni. Þær þjappast svo mikið saman að allt efni þeirra safnast í einn punkt – *svarthol*. Þyngdarkrafturinn þar er svo öflugur að ekkert getur yfirgefið þennan himinhnött, ekki einu sinni ljósið. Þess vegna sjáum við svartholin alls ekki beint en menn geta greint hvernig gríðarlegur þyngdarkraftur þeirra verkar á allt rýmið í kring. Vísindamenn telja að svarthol sé meðal annars í miðju Vetrarbrautarinnar og í miðju allra annarra vetrarbrauta.

Hér eru fjórar mismunandi geimpokur. Sólin okkar verður kannski svipuð einhverri þeirra þegar hún sjálf verður að geimpöku.



Krabbapokan varð til úr sprengistjörnu. Gas hefur þeyst út í geiminn og það sem eftir var af stjörnunni hefur hrunið saman í nifteindastjörnu.

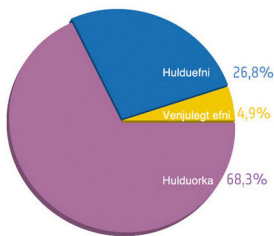
Hringrás alheimsins

Gas og ryk þeytist út í geiminn frá nær öllum stjörnum þegar þær eldast og deyja. Þetta efni myndar nýjar geimþokur þar sem nýjar stjörnur verða til. Þegar vetnið klárast hefjast ný ferli í stjörnunum og þyngri frumefni taka að myndast, til dæmis kolefni og súrefni. Þessi nýja kynslóð stjarna inniheldur því meira af *þyngri frumefnunum* og minna af vetni og helíni. Á þennan hátt verða nýjar stjörnur til í alheiminum og aðrar deyja og ný efni myndast. Við getum þess vegna sagt að við séum öll gerð úr efni stjarnanna, við erum eiginlega stjörnuryk.

Hvert stefnir alheimurinn?

Hver verða örlög alheimsins? Venjulegt, sýnilegt efni, sem við og stjörnurnar erum búin til úr, er aðeins um 5% af alheiminum. Þar af leiðandi hlýtur að vera til eitthvert annars konar efni, efni sem við sjáum ekki. Vísindamenn nefna þetta efni *hulduefni*. Enn sem komið er hafa menn ekki fundið nokkurt hulduefni með beinum hætti og þeir hafa ekki minnstu hugmynd úr hverju það gæti verið þótt útreikningar og mælingar sýni að það hljóti að vera til.

Þyngdarkraftur sýnilega efnisins og hulduefnisins ætti að valda því að allar vetrarbrautir alheimsins myndu smám saman byrja að nálgast hver aðra aftur. En rannsóknir á vetrarbrautunum sýna að þær fjarlægjast hver aðra enn þá og með sífellt meiri hraða. Því er þarna einhver dularfullur kraftur sem hrindir vetrarbrautunum hverri frá annarri. Vísindamenn vita hins vegar ekki nákvæmlega hvað veldur þessum áhrifum að öðru leyti en því að þau lýsa sér eins og þau komi frá hulinni orku í geimnum. Þessi orka nefnist því *hulduorka*, það er allt á huldu um hana. Menn hafa reiknað það út að tæplega 70% af alheiminum hljóti að vera úr hulduorku því það er eina skýringin á því að vetrarbrautirnar fjarlægist hver aðra með vaxandi hraða.



Við sjáum einungis 5% af efninu í alheiminum. Afgangurinn er hulduefni og hulduorka.

SIJÁLFSPRÓF ÚR 4.2

ÚTSKÝRÐU HUGTÖKIN

• jarðmiðjukenning • sólmiðjukenning • miklihvellur • geimþoka • svarthol

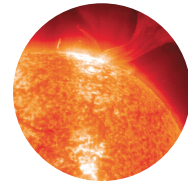
1. Hversu lengi telja vísindamenn að sólin muni halda áfram að lýsa svipað og nú?
2. Hvað ræður því hvernig endalok stjörnu verða?
3. Hvað gerist þegar kemur að því að sólin okkar „deyr“?
4. Hvernig myndast stjörnur?
5. Hvað nefnist sú orka sem veldur því að vetrarbrautirnar fjarlægjast hver aðra með vaxandi hraða?

SAMANTÆKT

4.1

Stjörnur og vetrarbrautir

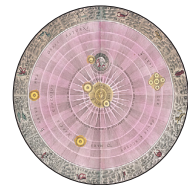
- Sólin er sú stjarna sem er næst okkur. Líkt og aðrar stjörnur er sólin hnöttur úr heitum gastegundum, einkum vetni og helíni.
- Hiti á yfirborði stjarna er mismunandi. Hitinn á yfirborði *hvítra stjarna* er 10 000 °C eða þar yfir. Yfirborðshitinn á *gulum stjörnum* er kringum 6000 gráður og á *rauðum stjörnum* er hitinn um 3000 gráður.
- Fjarlægðir í geimnum eru mældar í *ljósárum*. Eitt ljósár er sú vegalengd sem ljósið fer á einu ári.
- Stjarnan sem er næst okkur fyrir utan sólina er *Proxima Centauri*. Fjarlægðin til hennar er 4,3 ljósár. Nálægasta stjarnan sem við sjáum á norðurhveli er *Sírius* sem er í 9 ljósára fjarlægð.
- Sólkervi okkar er hluti af stóru stjörnukerfi, vetrarbraut (eða stjörnuþoku), sem heitir Vetrarbrautin.
- Vetrarbrautin er *þyrilþoka* (*þyrilvetrarbraut*) og í henni eru 200–400 milljarðar stjarna.
- Þær vetrarbrautir, sem eru næstar Vetrarbrautinni okkar, eru *Litla* og *Stóra Magellanskýið*. Þær eru smáar, óreglulegar vetrarbrautir.
- Næsta stóra vetrarbrautin við okkur er *Andrómedu-vetrarbrautin*. Hún er í um 2,5 milljóna ljósára fjarlægð.



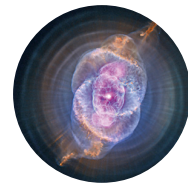
Sólin er gul stjarna.



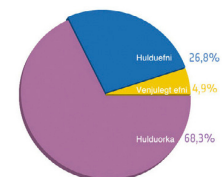
Andrómeduþokan er þyrilþoka.



Alheimurinn samkvæmt sólmiðjukenningunni.



Geimþoka.



Aðeins um 5% af efni og orku í alheiminum er sýnilegt efni.

4.2

Próun alheimsins

- *Jarðmiðjukenningin* gekk út frá því að Jörðin væri miðpunktur alheimsins.
- Sólin var miðpunktur alheimsins samkvæmt *sólmiðjukenningunni*.
- Flestir stjörnufræðingar nútímans eru á því að alheimurinn hafi orðið til við gríðarmikla útpenslu sem hófst fyrir tæpum 14 milljörðum ára og nefnist miklihvellur.
- Stjörnur myndast úr skýi af ryki og gastegundum. Slík ský nefnast *geimþokur*.
- Jörðin og aðrar reikistjörnur í sólkervi okkar hafa orðið til úr því efni sem varð eftir í skýinu þegar sólin hafði myndast.
- Endalok stjörnu ráðast af massa hennar. Því stærri sem stjarna er þeim mun mikilfenglegri verða endalok hennar.
- Þegar líður að endalokum sólarinnar verður hún fyrst *rauður risi* en síðan breytist hún í *hvítan dverg* sem slokknar smám saman.
- Stjörnur, sem eru stærri en sólin, enda ævina sem *nifteindastjörnur*. Allra stærstu stjörnurnar enda sem *svarthol*.
- Þegar stjörnur enda æviskeið sitt myndast þyngri frumefni og síðan þeytist hluti efnis þeirra út í geiminn aftur. Þetta efni verður hráefni í nýjar stjörnur.
- Allar vetrarbrautir fjarlægjast hver aðra og með sífellt meiri hraða. Óþekkta orkan, sem ýtir vetrarbrautunum hverri frá annarri, nefnist *hulduorka*.

LOKAHDYKKURINN

1

Tengdu hugtökin til vinstri við lýsingarnar til hægri.

- | | |
|---------------------|---|
| 1 Ljósár | A Gríðarstórt gasský |
| 2 Vetrarbraut | B Sést alltaf í norðri |
| 3 Geimpoka | C Aðferð til að mæla fjarlægðir |
| 4 Svarthol | D Tiltölulega kaldar stjörnur |
| 5 Pólstjarna | E Eining til að mæla fjarlægðir í geimnum |
| 6 Þríhyrningamæling | F Mjög björt stjarna |
| 7 Rauðir risar | G Stjörnukerfi |
| 8 Sprengistjarna | H Hefur mjög mikinn þyngdarkraft |

2

Stjarnan Vega er í 25 ljósára fjarlægð. Setjum svo að um þessa stjörnu gangi reikistjarna þar sem vitsmunalíf þrífst. Þar er stjörnufræðingur sem beinir öflugum stjörnuvíki sínum að Jörðinni og á þessari stundu einmitt að Íslandi. Hann sér fjölda fólks á ferli. eru einhverjar líkur á því að hann komi auga á þig?

3

Hvert þeirra byggir fullyrðingu sína á nútíma kenningum um miklahvelli?

Í miklahvelli runnu mörg svarthol saman.

A



Í miklahvelli myndaðist efni og geislun.

B



Miklihvellur varð í gríðarstórra geimpoka.

C



Alheimurinn skrappt saman í eitt svarthol.

D

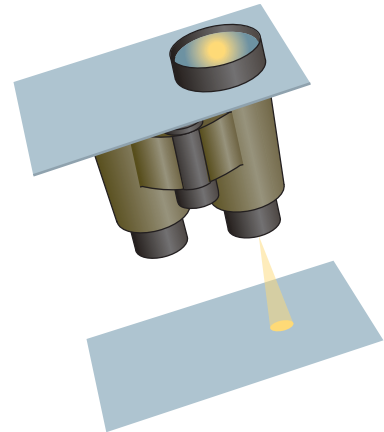


4

Allur stjörnuhiminninn snýst einn hring á hverjum sólarhring.

- Hver er skýringin á því?
- Ein stjarna situr þó á sama stað allan tímann. Hvaða stjarna er það?
- Hvers vegna hreyfist sú stjarna ekki úr stað?

- 5 Sumar stjörnur í sama stjörnumerki geta verið nálægt hver annarri en milli annarra kunna að vera mörg hundruð ljósár. Hver er skýringin á þessu?
- 6 Raðaðu eftirfarandi himinfyrirbærum eftir fjarlægð þeirra frá sólinni. Settu fyrst þau fyrirbæri sem eru næst henni.
- A: Síríus
B: Mars
C: Andrómedupokan
D: Tunglið okkar
E: Pólstjarnan
F: Neptúnus
- 7 Ein leið til þess að fá mynd af sólinni með sjónauka er að nota þá aðferð sem myndin sýnir. Hvers vegna megum við ekki horfa beint gegnum sjónaukann á sólina til að fá stækkaða mynd af henni?
- 8 Á æviskeiði sínu gengur sólin okkar gegnum nokkur mismunandi skeið, rétt eins og aðrar stjörnur. Fjögur slík skeið eru nefnd hér fyrir neðan. Raðaðu þeim í rétta tímaröð.
- A: Gul stjarna
B: Gasský
C: Hvítur dvergur
D: Rauður risi
- 9
- Útskýrðu hvað átt er við þegar sagt er að einhver sé fæddur í Ljónsmerkinu.
 - Hvers vegna passa stjörnumerkin ekki lengur við gang sólarinnar?
 - Hvers vegna vinna stjörnuspekingar og stjörnufræðingar ekki náið saman þar eð bæði sviðin fjalla um stjörnur og reikistjörnur?
- 10 Myndin sýnir Andrómedupokuna, sem er í órafjarlægð frá okkur. Engar ljósmyndir eru hins vegar til af Vetrarbrautinni okkar, bara teiknaðar myndir. Hver er skýringin á því?
- 11 Þegar Galíleó Galíleí uppgötvaði tunglin fjögur sem ganga umhverfis Júpíter gjörbreyttist heimsmynd okkar.
- Hvernig gat svo lítil uppgötvun haft svo miklar afleiðingar?
 - Þekkir þú aðra og nýrri uppgötvun í stjörnufræði sem hefur breytt heimsmynd okkar?



Töflur

1. Eiginleikar fastra efna

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

2. Eiginleikar vökva

EFNI	EDLISMASSI (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

3. Reikistjörnur

REIKISTJARNA	MEDALFJARLÆGD FRÁ SÓLU Í MILJÓNUM km	UMFERDARTÍMI UM SÓLU	ÞVERMÁL UM MIÐBAUG Í ÞÚSUNDUM km	SNÚNING- TÍMI	MASSI (JÖRÐ = 1)	EDLISMASSI (g/cm³)	FJÖLDI TUNGLA
Merkúrís	58	88 dagar	4,9	58,6 dagar	0,06	5,4	0
Venus	108	224,7 dagar	12,1	243 dagar	0,91	5,2	0
Jörð	150	365,26 dagar	12,7	23 klst. 56 mín.	1	5,52	1
Mars	228	1,88 ár	6,8	24 klst. 37 mín.	0,11	3,9	2
Júpíter	779	11,9 ár	143	9 klst. 50 mín.	318	1,3	67
Satúrnus	1430	29,7 ár	120,5	10 klst. 33 mín.	95,2	0,7	62
Úranus	2877	84,3 ár	51,1	17 klst. 25 mín.	14,5	1,3	27
Neptúnus	4500	163,8 ár	49,5	15 klst. 58 mín.	17,1	1,6	14

Atriďisorďaskrá

A

afgangsorka 47
afgangsvarmi 43
aflfræðileg orka 43
Albert Einstein 9, 27, 33
Alfa Centauri A 105
Alfa Centauri B 105
alfageislun 18
almyrkvi 80
Andrómedu-vetrarbrautin 106
Arnabokan 113

Á

ár 69
árstíðir 71

B

baggrunnsgeislun 21
bekerel 21
Belti Kuipers (Kuipersbelti) 94
betageislun 18
Betelgás 103
brautir reikistjarna 85
bræðsluslysi 60
bundinn snúningur 74
bvljúlendur 44

C

Cassini 90
Carl Friedrich Gauss 108
CERN 10, 12
Christian Huygens 89

D

dagur 69
deildarmyrkvi 80
Deimos 87
Demokrítos 8, 11
dvergíekistjarna 84, 92
dvergstjarna 92, 103
dýrahringurinn 107

E

Edmond Halley 102
eðlismassi 13
efnaorka 44, 45, 47
eindahraðlar 10, 12
eldsneytisstengur 29
endurnýjanleg orka 48
endurnýjanlegir orkugjafar 51
Eris 92, 94
Ernest Rutherford 9, 26
Evrópa 2020 49
Evrópa 89
Evrópusambandið 49

F

fjara 78
fjarreikistjarna 109
flóð 78
Fóbos 87
Fred Hoyle 110
Fróðleiksfúsi 88
frumeindarlíkan Bohrs 13
frumeind 8, 11

G

Galileo Galilei 111
Galileotungi 89, 107, 111
gammageislun 18
gammamyndavél 23
Ganymedes 89
gasþjúpur sólar 83
gastegundir 102
Geiger-teljari 11
geimpokur 112, 113
geislaálag 25
geislakolsaðferðin 20
geislaæmril 21
Geislavarnir ríkisins 22
geislavirk efni 18
geislavirkni 17, 21
geislavirkur úrgangur 35, 62
geislunarorka 44, 45, 46
gróðurhásaáhrif 59
gróðurhúsaflofttegund 86
gufuhvolf 68

Н

haddur 93
halastjarna 93
Halastjarna Halleys 93
hali 93
Hans Bethé 82
haustýfndægur 71
háhitasvæði 52
heimskautsbaugur nyrðri 72
Heinrich Hertz 9
helmingunartími 19
hemilefni 29
Henri Becquerel 17
Higgs-bóseind 12
hleypár 69
hryffliorka 43, 44, 46
hringar 89
Hringbókun 1013
hulduefni 116
hulduorka 116
hvel 12
hvítur dvergur 103, 114

INES-kvarðinn 31
ITER 32

1

J. Thomson 9
jarðefnaeldsneyti 50, 58
jarðgas 50, 58
jarðhiti 52
jarðmiðjukenning 110
jarðvegsvarmi 55
jæindaskanni 23
jó 89
jónandi geislun 22
jónir 12, 22
júpítar 84, 89
lörðin 68, 84, 106

K

Kallistó 89
 Keðsvagninn 106
 keðjuverkur 27
 kjarnaklofnun 27, 44
 kjarnaofn 29
 kjarnasamruni 31, 44
 kjarni 93
 kjarnorka 26, 28, 44
 kjarnorkusprengja 27
 kjarnorkuver 30
 Kláðios Ptolémaíos 110
 klukkustund 69
 kol 50
 kolaög 58
 koltvísyringur 59
 Krabbapökan 113
 kulúlág 106
 kvarkar 12
 kvartil 76
 kvartilskipti 76
 kvikuinnskot 52
 Kvöldstjarna 86
 Kvótóbókunin 59

L

lágðittasvæði 52
Lisa Meitner 27
lithvolf 83
Litla Magellanskýjið 106
lífríðisilíola 54
lífríðsneyti 54
lífmassi 54
ljósár 103
ljóshvolf 83
ljósmínúta 82
ljósrófun 9
ljóssækúnda 73
loftþjúpur Jarðar 68
loftsteinahrið 93
loftsteinn 93
loftvarmi 55
lögmálið um varðveislu orkunnar 44

π

Magellanskýið 106
Marie Curie 17
Mars 84, 87
massatala 14
massi 13, 33
Merkúrís 84, 86
Messenger 86
metri 68
miðnætorsól 72
miklilhvellur 112
millisívert 25
mínusjón 12
mínútur 69
Morgunstjarna 86
möndull jarðar 69

N

Neptúnus 84, 89, 91
neyðarstöðvun 29
Niels Bohr 13
nifteindastjarna 115
nifteind 12
Nikulás Kópernikus 111
nótt 69
nytjaorka 47

O

olía 50, 58
orka 33, 42
orkuform 42
orkunýtni 47
Otto Frisch 27

Ó

Óberon 90
óendurnýjanlegir orkugjafir 58, 60
Ólympsfjall 87
Óríon 103
Óríonsbelti 113

P

Pierre Curie 17
Pierre Jules Jensen 82
plúsjón 12
Plútó 84
Pólstjarnan 103
Proxima Centauri 103, 105

R

radon 24
rafeindir 9, 12
raforka 28, 43, 46
rafsegulgeislun 15
rammaáætlun 53
rauður risi 103, 114
reikistjarna 84
reikistjarna níu 85
Riddaraþokan 113
risastjarna 103
róteind 12
röntgengeislun 9, 16

S

samrunaofn 32
samruni 102, 112
samsæta 14
Satúrnus 84, 89, 90
seiling 20
sekúnda 69
SETI-stofnunin 109
Síríus 103
sjávarföll 78
Sjöstímið 105
skjálftaflíðbylgja 61
Ský Oorts (Oortsský) 94
smástími 89, 92
sólarringur 69
sólarkorka 56
sólarráflöður 56
sólarpíllur 56

sólblettir 83
sólildra 56
sólin 82
sólkerfið 82, 92
sólkóróna 83
sólmiðjukenning 111
sólmyrkvi 80
sólstrókur 83
sólvindur 83
sporvölulag 106
sprengistjarna 115
staðaltími 70
stjörnumerki 106
stjörnur 102
stjörmusjónaukar 104
stjörmuspeki 107
stjörnuþoka 105
stjörnuþyrpingar 105
Stóra Magellanskýið 106
stýristengur 29
stöðuorka 43, 45, 46
sumarsólhvörf 71
sumarsólstöður 71
sumartími 70
sundrun 18, 19
svarthol 115
Sverðþokan 113
sætistala 14

T

tímabelti 70
Títan 90
Títanía 90
Trítón 91
tungliferðir 74
tunglið 73
tunglmánuður 74
tunglmyrkvi 79
tunglskin 76
tunglsýki 77
tvístími 105
tvívetni 14

Ú

úran 34, 60
Úranus 84, 89, 90
útstími 94

V

varmadæla 55
varmaorka 43, 44, 46
Vegvísir um orkumál ESB 50
Venus 84, 86
vetrarsólhvörf 71
vetrarbraut 105
vetrarbrautarár 105
Vetrarbrautin 105, 112
vetrarsólstöður 71
vindorka 53
vindorkugarður 53
vorjafndægur 71
Voyager 2 91

W

Wilhelm Röntgen 9

Þ

Þríhyrningamæling 104
Þrístími 105
Þrívetni 14
Þyngdarbylgjumælingar 114
Þyngdarkraftur 85
Þyngri frumefni 116
Þyrilþoka 106

Ö

örbylgjukliður 112

Orðskýringar

EDLISFRÆÐI 1

1. kafli

breytilegt viðnám: viðnám þar sem hægt er að breyta mótstöðunni gegn rafstraumi í straumrás.

einangrari: efni sem leiðir ekki rafstraum.

elding: kröftugt ljósfyrirbæri sem verður til þegar fjöldi rafeinda hleypur milli mismunandi hluta í skýi, milli skýja eða milli skýs og jarðar.

fast viðnám: viðnám (íhlutur) sem hefur alltaf sama viðnámið (sömu mótstöðuna) gegn rafstraumi.

framhjáteging: þegar útbúin er styttri leið fyrir rafstraum í straumrás, svokölluð skammleið.

glóþráður: málþráður í peru sem verður glóandi vegna viðnáms þannig að hún lýsir.

hliðteging: íhlutir (til dæmis perur) sem eru allir tengdir við plús- og mínusskaut straumgjafa.

jarðteging: gulgræni leiðarinn í þriggja leiðara rafleiðslum flestra tækja; þessi leiðari (jarðleiðari) leiðir rafstrauminn beint til jarðar ef eitthvað fer úrskaiðis.

leiðari (rafleiðari): efni sem leiðir rafstraum.

lekastraumsrofi: öryggisbúnaður í rafögnum húsa sem rýfur straum ef eitthvað fer úrskaiðis.

raðteging: íhlutir (til dæmis perur) sem eru tengdir hver á eftir öðrum í straumrás.

rafeind: neikvætt hlaðin öreind í frumeind (nefnist einnig elektróna).

rafhleðsla: einn af grunneiginleikum efna og ræðst af fjölda rafeinda og róteinda í viðkomandi efni. Efni (íhlutur) með neikvæða rafhleðslu hefur fleiri rafeindir en róteindir; efni (íhlutur) með jákvæðri hleðslu hefur fleiri róteindir en rafeindir.

róteind: jákvætt hlaðin öreind í kjarna frumeindar (nefnist einnig prótóna).

sjálfvar: sérstakt var (öryggi) í rafögnum húsa sem slær út ef straumurinn verður of sterkur.

skammhlaup: þegar rafstraumur fer styttri leið en hann á að fara, t.d. í jörð.

spenna (rafspenna): mælikvarði á þá orku sem losnar þegar hlaðnar eindir fara frá einum stað til annars. Ef tiltekið svæði hefur umframfjölda rafeinda og í nánd við það er annað svæði þar sem rafeindir skortir myndast spenna milli svæðanna tveggja.

straumrás (rafrás): er lokuð rás, gerð úr íhlutum og vírum, sem hleypir straumi gegnum sig.

straumur (rafstraumur): færsla rafeinda eftir leiðara frá neikvætt hlöðnu svæði til jákvætt hlaðins svæðis.

tengimynd: einfölduð mynd af straumrás.

viðnám (íhlutur): rafmagnsíhlutur sem takmarkar strauminn í straumrás.

viðnám: eiginleiki efnis. Lýsir sér sem mótstaða eða tregða gegn því að rafstraumur fari gegnum það.

2. kafli

bergmál: hljóð sem hefur komið til baka (endurkastast) eftir að hafa rekist á fyrirstöðu.

bergmálsdýptarmælir: tæki sem nota má til að mæla fjarlægðir út frá hljóðbylgjum og bergmáli þeirra.

bylgjulengd: fjarlægð milli tveggja þynninga eða tveggja þéttinga í lofti.

desibel: eining fyrir hljóðstyrk.

hljóðbylgja: bylgja úr misþéttu lofti þar sem á skiptist þéttara og þynnra loft.

hljóðstyrkur: styrkur hljóðs og segir til um það hversu mikil orka er notuð við myndun hljóðsins.

innhljóð: hljóð með lægri tíðni en 20 Hz.

meðsveifla: hljóð, til dæmis frá tónkvísl, sem vekur sveiflur með sömu tíðni í öðrum hlut.

staðaltónn: tónn af tíðninni 440 Hz.

tíðni: fjöldi sveiflna á sekúndu.

úthljóð: hljóð með hærri tíðni en 20 000 Hz.

3. kafli

alkul: hitastig þar sem allar eindir efnis eru algerlega kyrrar, -273°C . Við alkul er varmaorka efnis engin og lægra hitastigi verður ekki náð.

eðlismassi: mælikvarði á það hversu samanþjappað tiltekið efni er. Því þéttari sem frumeindir efnis eru þeim mun meiri verður eðlismassi efnisins.

fastapunktur: viðmiðunarpunktur á hitakvarða. Fastapunktarnir á selsíusquarða eru 0°C (frostmark vatns) og 100°C (suðumark vatns).

hafgola: vindur sem blæs af hafi og inn á land.

hitastillir: búnaður sem opnar eða lokar straumrás (kveikir eða slekkur) við tiltekið hitastig.

hæð: svæði á jörðinni þar sem loftþrýstingur er hærri en venjulegur loftþrýstingur.

jafnþrýstilína: lína á veðurkorti sem tengir saman staði þar sem loftþrýstingurinn er alls staðar sá sami.

lofttæmi: ástand þar sem ekkert loft er fyrir hendi.

lægð: svæði á jörðinni þar sem loftþrýstingur er lægri en venjulegur þrýstingur.

massi: mælikvarði á það hversu mikið efni er í tilteknum hlut.

rúmmál: mælikvarði á stærð tiltekins hlutar, það er hversu mikið rými hann tekur.

skil: skilflöturinn (markalínan) milli hlýs og kalds loftmassa.

sólarrafhlaða: búnaður sem framleiðir rafmagn með hjálp sólargeisla.

sólgilðra: búnaður sem hitar vatn fyrir tilstilli sólargeisla.

tvímálmur: hlutur úr tveimur mismunandi málmum sem eru pressaðir saman. Málmarnir þenjast mismikið út þegar þeir hitna og þess vegna bognar tvímálmurinn við hitun.

varmaburður: ein tegund varmaflutnings þar sem varmi flyst með efni á hreyfingu, einkum vökvum og lofttegundum, til dæmis með vatni og lofti.

varmageislun: ein tegund varmaflutnings sem byggist á geislagjafa (til dæmis sólinni) sem sendir frá sér innrauðar rafsegulbylgjur.

varmaleiðni (varmaleiðing): ein tegund varmaflutnings þar sem varminn flyst frá frumeind til frumeindar í efni, einkum í málum.

vindátt (vindstefna): segir til um áttina sem vindurinn blæs úr.

þétting: þegar efni í gasformi (t.d. vatnsgufa) breytist í vökva (t.d. vatn).

4. kafli

augngler: safnlinsa sem stækkar þá mynd sem hlutglerið býr til.

brennipunktur: punktur þar sem ljósgeislar skerast eftir að þeir hafa endurkastast af holspegli.

brennivídd: fjarlægðin frá brennipunktinum að speglinum.

dreifilinsa: linsa sem er þynnst í miðjunni og dreifir ljósgeislum sem fara gegnum hana.

endurkast: þegar ljós kastast til baka af hlut sem það fellur á.

fjærsýni: sjóngalli sem lýsir sér þannig að fólk sér vel það sem er langt frá auganu en illa það sem er nálægt því.

hlutlinsa (hlutgler): safnlinsa sem býr til mynd af fyrirmyndinni (til dæmis í sjónauka).

holspegill: spegill sem er íhvolfur, hann minnir á innra borð hálfkúlu.

innfallshorn: hornið milli geisla sem fellur á spegil og lóðlínunnar.

kúptur spegill: spegill sem er ávalur, hann minnir á ytra borð hálfkúlu.

leysigeisli: ljósgeisli þar sem öll rafsegulgeislunin er af einni og sömu bylgjulengd.

litróf: röð sjö mismunandi lita sem koma fram þegar ljós fer gegnum þríhyrndan glerstrending (prisma).

ljósbrot: þegar ljósgeislar breyta stefnu sinni við það að fara úr einu efni í annað.

ljósgjafi: hlutur, til dæmis logandi kerti eða sólín, sem gefur frá sér ljós.

ljóisleiðari (ljóspráður): hólur, grannur þráður úr gleri sem flytur ljósmerki.

ljósop: búnaður í myndavél sem stýrir því hversu mikið ljós fellur á myndflögu eða filmu.

lokari: búnaður í myndavél sem opnar hana, hleypir inn ljósi og lokar henni síðan aftur.

lóðlína: lína sem er hornrétt á yfirborð spegils sem ljós fellur á.

nærsýni: sjóngalli sem lýsir sér þannig að fólk sér vel það sem er nálægt auganu en illa það sem er langt frá því.

ósonlag: þunnt lag úr ósoni (O₃) sem er ofarlega í lofthjúpi jarðar.

rafsegulgeislun: sameiginlegt heiti yfir alla geislun sem er sama eðlis og sýnilegt ljós. Aðrar tegundir rafsegulgeislunar eru til dæmis útfjólublá geislun og innrauð geislun.

raunmynd: mynd sem hægt er að varpa upp á tjald.

safnlinsa: linsa sem er þykkust í miðjunni og þjappar saman ljósgeislum sem fara gegnum hana.

skautað ljós: ljós sem sveiflast bara í eina stefnu.

stækkunargler: einfaldasta sjóntækið sem við þekkjum, einföld safnlinsa með stuttri brennivídd.

sýndarmynd: mynd sem sést gegnum dreifilinsu en er ekki hægt að varpa upp á tjald.

EÐLISFRÆÐI 2

1. kafli

frjálst fall: fall hlutar í lofttæmi, án nokkurrar loftmótstöðu. Enginn kraftur verkar á hlutinn nema þyngdarkrafturinn.

gervihnöttur (gervitungl): manngerður hlutur sem er á braut um jörðu (eða aðra reikistjörnu).

grunnflötur: flötur sem segja má að hlutur hvíli eða standi á.

hraðaaukning (jákvæð hröðun): hreyfing þar sem hraðinn eykst stöðugt.

hraðaminnkun (neikvæð hröðun): hreyfing þar sem hraðinn minnkar stöðugt.

hringhreyfing: hreyfing þar sem hlutur hreyfist stöðugt í hring. Ef við förum til dæmis í róluhringekju og látum hana snúa okkur hring eftir hring erum við í hringhreyfingu.

hröðun: hreyfing þar sem breyting verður á hraða. Hröðun er ýmist jákvæð (hraðaaukning) eða neikvæð (hraðaminnkun).

jöfn hreyfing: hreyfing með jöfnum hraða og ávallt í sömu stefnu.

kasthreyfing: bogmyndaður ferill hlutar sem er kastað (eða spyrrt) upp í loft.

kraftmælir: tæki sem mælir stærð krafts.

loftmótstaða: núningskraftur sem myndast þegar hlutur rekst á sameindir andrúmsloftsins.

lofttæmi: rými þar sem er ekkert loft.

lóðlína: lína sem gengur gegnum miðpunkt jarðar.

massamiðja (þyngdarpunktur): miðpunktur massa tiltekins hlutar.

meðalhraði: meðaltalshraði á tiltekinni vegalengd þar sem hraði getur verið mismikill á mismunandi tímaskeiðum. Meðalhraði er heildarvegalengd deilt með heildartíma.

miðflóttakraftur: krafturinn, sem við finnum fyrir þegar við snúumst hring eftir hring, til dæmis í róluhringekju. Krafturinn byggist á tregðu líkamans til að breyta stöðugt um stefnu. Líkaminn leitast við að fara beint áfram en miðsóknarkrafturinn kemur í veg fyrir að svo verði.

miðsóknarkraftur: krafturinn sem heldur hlut kyrrum á hringlaga braut þegar hann er í hringhreyfingu. Miðsóknarkrafturinn veldur því að hluturinn sveigir stöðugt en heldur ekki beint áfram eins og gerist ef krafturinn hættir skyndilega að verka.

mótkraftur: kraftur sem er jafnstór tilteknum krafti sem verkar í ákveðna átt. Mótkrafturinn verkar alltaf í gagnstæða stefnu við hinn kraftinn.

núningur: kraftur sem vinnur gegn hreyfingu þegar tveir fletir hreyfast hvor gegn öðrum.

tregða: tilhneiging hlutar til að halda hreyfingu sinni eða kyrrstöðu. Hlutur á hreyfingu leitast við að halda henni óbreyttri og hlutur í kyrrstöðu leitast við að vera kyrr áfram.

þyngdarkraftur (aðráttarafli): kraftur sem verkar milli allra hluta sem hafa massa. Því meiri sem massi hlutanna er þeim mun meiri verður þyngdarkraftur þeirra.

2. kafli

eðlismassi: er mælikvarði á það hversu samþjappað tiltekið efni er. Þetta má líka orða svona: mælikvarði á massa ákveðins rúmmáls af tilteknu efni.

hektópaskal: algengasta eining fyrir þrýsting, einkum loftþrýsting. Eitt hektópaskal er 100 pasköl.

kraftur: áhrif sem verka á hlut svo að hann tekur að hreyfast, hættir að hreyfast eða breytir hraða sínum. Kraftur er mældur í njútonum (N).

lofttæmi: rými þar sem ekkert loft er.

loftvog: mælitæki sem mælir loftþrýsting.

loftþrýstingur: þrýstingur sem þyngd andrúmsloftsins skapar.

lyftikraftur: hlutur, sem sökk er í vökva, verður fyrir krafti sem lyftir hlutnum í vökvanum. Þessi kraftur nefnist lyftikraftur og stafar af því að minni þrýstingur verkar á efra borð hlutar í vökvanum en á neðra borð hans.

lögmál Arkimedesar: þyngd hlutar, sem sökk er í vökva, minnkar sem nemur þyngd þess vökva sem hluturinn ryður frá sér.

paskal: eining fyrir þrýsting sem er sama og 1 N/m^2 .

samgangsker: tvö eða fleiri ílát með vökva í sem eru tengd hvert öðru.

undirþrýstingur: þrýstingur sem er minni en venjulegur loftþrýstingur.

yfirþrýstingur: þrýstingur sem er meiri en venjulegur loftþrýstingur.

þrýstimælir: mælitæki sem mælir þrýsting.

þrýstingur: kraftur sem verkar á tiltekinn flöt.

3. kafli

amper: eining fyrir rafstraum.

áttaviti: tæki með segulnál sem stillir sér upp í stefnu norður-suður vegna segulsviðs jarðar.

bakvaf: spóla í þeirri straumrás í spennubreyti sem tengist raftæki.

forvaf: spóla í þeirri straumrás í spennubreyti sem tengist spennugjafanum.

jafnstraumur: straumur sem hefur alltaf sömu stefnuna í straumrás.

lögmál Ohms: lögmál sem lýsir venslunum milli spennu, straums og viðnáms. Það má setja fram svona: spenna = viðnám · straumur.

misvísun (segulskekkja): hornið milli hánorðurs og þeirrar stefnu sem áttavitanál sýnir.

norðurljós og suðurljós: litrík fyrirbæri á næturhimninum, bæði á norðurhveli (norðurljós) og á suðurhveli (suðurljós). Litadýrðin verður til við það að sameindir og frumeindir lofthjúpsins verða fyrir rafhlöðnum ögnum frá sóli og eindirnar verða þá lýsandi. Ljósín nefnast einnig segulljós eða heimskaualjós.

norðurskaut og suðurskaut: mismunandi skaut á öllum seglum. Norðurskaut seguls leitar alltaf í norður og suðurskautið í suður.

óm: eining fyrir viðnám.

rafall: búnaður sem myndar rafstraum með spani.

rafmótor: mótor sem er knúinn með rafstraumi.

rafsegull: segull þar sem rafstraumur í spólu skapar segulsviðið.

riðstraumur: straumur sem skiptir stöðugt um stefnu í straumrás.

segulhrif: það þegar segull veldur því að ósegulmagnaður hlutur verður segulmagnaður, varanlega eða aðeins í skamma stund.

segullína: lína sem kemur fram í segulsviði þegar járnsvarfi er dreift kringum segul. Sagt er að segullínur liggja frá norðurskautinu til suðurskautsins.

segulmagn: eiginleiki í náttúrunni sem lýsir sér með aðdráttar- eða hrindikrafti milli hluta, einkum hluta úr járni, nikkeli og kóbalti. Aðdráttar- og hrindikrafturinn stafa af hreyfingu rafeinda í efni. Nýlegar rannsóknir hafa leitt í ljós að kolefni getur líka búið yfir segulmagni.

segulsvið: ósýnilegt svið umhverfis segul sem verkar á segla og (einkum) hluti úr járni. Þetta svið verður „sýnilegt“ ef til dæmis járnsvarfi er dreift kringum segul. Þá koma í ljós línur sem liggja milli norður- og suðurskautsins.

span: rafstraumur sem myndast þegar segull hreyfist í spólu eða nálægt henni.

spenna (rafspenna): mælikvarði á orku sem verður til við það að rafhleðslur fara frá einum punkti til annars. Þetta má líka orða á annan hátt: munurinn á rafhleðslu tveggja punkta í straumrás, mældur í voltum og líka svona: afl rafstraums, mælt í voltum.

spennubreytir: búnaður sem breytir hárrí spennu í lága, eða öfugt.

spóla: rafleiðari sem er vafinn um sívalning.

straumur (rafstraumur): streymi rafeinda eftir straumrás (vír).

sviflest: járnbrautarlest sem svífur á einum járnbrautarteini.

Rafseglar halda lestinni svífandi yfir teininum.

viðnám: mótstaða efnis gegn rafstraumi.

volt: eining fyrir spennu.

þumalfingursregla: regla til að segja til um stefnu segullína umhverfis rafleiðara.

4. kafli

afl: mælikvarði á það hversu hratt tiltekin vinna er unnin.

aflfræðileg orka: samheiti fyrir stöðuorku og hreyfiorku.

eðlisfræðileg vinna: er unnin þegar krafti er beitt til þess að flytja hlut úr stað.

einföld vél: tæki sem auðveldar mönnum vinnu með því að breyta stærð krafts eða stefnu hans. Sjá einnig: <http://visindavefur.is/svar.php?id=1744>

gullin regla aflfræðinnar: það sem vinnst í krafti tapast í vegalengd.

hreyfiorka: orka sem hlutur á hreyfingu býr yfir.

kílóvatt: algeng eining fyrir afl.

kílóvattstund: eining fyrir orku sem er einkum notuð í tengslum við raforku.

lögmálið um afl: afl (P) í vöttum er jafnt og spennan (U) í voltum, margfölduð með straumnum (I) í amperum.

skammhlaup: það þegar straumur fer aðra (og styttri) leið milli staða en honum er ætlað.

stöðuorka: orka sem hlutur býr yfir vegna stöðu sinnar.

EDLISFRÆÐI 3

1. kafli

alfageislun: byggist á alfaeindum, sem eru jákvætt hlaðnar eindir er losna úr frumeindarkjarna.

bakgrunnsgeislun: sú geislun sem við verðum stöðugt fyrir frá umhverfi okkar. Þessi geislun kemur bæði frá jarðlögnum undir fótum okkar og ýmsum byggingarefnum, en einnig utan úr geimnum.

betageislun: byggist á rafeindum eða jáeindum (betaeindum) sem losna úr kjarna geislavirks efnis.

eindahraðall: tæki (eiginlega smásjá) sem gerir mönnum kleift að greina innri gerð frumeinda, og sjá þannig allt inn í kjarna þeirra.

frumeind (atóm): byggingareining sem öll efni eru gerð úr. Frumeind er gerð úr jákvætt hlöðnum kjarna og umhverfis hann eru neikvætt hlaðnar rafeindir á sveimi.

frumeindarkjarni: kjarni hverrar frumeindar, gerður úr róteindum og nifteindum.

gammageislun: byggist á orkuríkum ljóseindum sem hafa stutta bylgjulengd og há tíðni.

geislaálag: áhrifin sem geislun hefur á fólk. Geislaálag er mælt í millisívertum (mSv).

geislamælir: tæki sem mælir geislavirkni.

helmingunartími: er mælikvarði á hversu hratt geislavirk efni sundrast og segir til um það hversu langan tíma það tekur helming frumeindarkjarnanna í geislavirku efni að sundrast.

hemilefni: efni, yfirleitt vatn, sem hægir á nifteindum í keðjuverkun sem á sér stað í kjarnaofni.

hverfill: vél sem knúin er með gufu, vatnsafla eða öðru og knýr rafal sem framleiðir rafmagn.

jón: frumeind sem hefur of margar (mínusjón) eða of fáar (plúsjón) rafeindir.

jónandi geislun: geislun sem getur valdið því að rafeindir losna frá frumeindum svo að jónir myndast. Alfa-, beta- og gammageislun eru jónandi geislun.

keðjuverkun: ferli sem lýsir sér með því að nifteindir frá geislavirkum kjarna valda því að aðrir kjarnar klofna.

kjarnaklofnun: er það þegar kjarni þungar frumeindar klofnar í tvo minni kjarna.

kjarnasamruni: er það þegar tveir léttir frumeindarkjarnar sameinast í þyngri og stöðugri kjarna.

massatala: summan af fjölda róteinda og nifteinda í frumeindarkjarna.

radonhús: hús sem byggð eru úr efnum sem losa frá sér geislavirka efnið radon eða hús sem standa á jarðlögum sem gefa frá sér radon sem kemst inn í húsin.

rafall: vél sem breytir vélrænni orku (hreyfiorku) í raforku.

rafeind: neikvætt hlaðin eind sem er á sveimi umhverfis frumeindarkjarna.

samsæta: afbrigði af frumeind tiltekns frumefnis sem hefur annan fjölda nifteinda en algengast er hjá því frumefni.

stýristöng: stöng úr efnum sem fanga nifteindir og hægir á keðjuverkun í kjarnaofni þegar hún (stöngin) er látin ganga inn í ofninn.

sætistala: segir til um fjölda róteinda í frumeindarkjarna.

2. kafli

efnaorka: orka sem býr í efnasamböndum og losnar þegar efnatengi rofna.

endurnýjanlegur orkugjafi: orkugjafi sem endurnýjast í sífellu og minnkar ekki þótt hann sé nýttur til orkuframleiðslu. Dæmi um slíkan orkugjafa er sólarorka, vindorka og vatnsafl.

gróðurhúsaáhrif: áhrif sem svonefndar gróðurhúsalofttegundir í lofthjúpi Jarðar hafa og valda því að hluti varmageislunarinnar frá Jörðinni hverfur ekki beint út í geiminn heldur hitar sameindir af fyrrnefndum lofttegundum og þessar sameindir senda frá sér hitageislun í allar áttir. Meginhluti þessarar hitageislunar berst aftur til Jarðar. Þessar gróðurhúsalofttegundir verka því líkt og gler í gróðurhúsi og vegna þeirra er meðalhiti á Jörðinni mun hærri en ef þeirra nyti ekki.

hreyfiorka: orka sem hlutur býr yfir vegna þess að hann er á hreyfingu.

jarðefnaeldsneyti: eldsneyti, til dæmis kol, olía og gas, sem safnast hefur fyrir í jarðskorpunni á óralöngum tíma.

jarðhiti (jarðvarmi): varmi í jarðlögum ofarlega í jarðskorpunni, einkum á eldvirkum svæðum þar sem skammt er niður á kvikuinnskot. Grunnvatn, sem kemst í snertingu við þessi heitu jarðlög, hitnar og stígur upp og flytur þannig varmann upp og þar eru oft hverir eða laugar á yfirborðinu.

jarðvegsvarmi: varmi í jarðvegi, stundum nýttur sem varmagjafi fyrir varmadælur.

lífeldsneyti: eldsneyti sem er lífrænt efni eða unnið úr lífrænu efni, til dæmis víður, hálmur og ýmiss konar úrgangur sem fellur til, bæði úr plöntum og dýrum.

loftvarmi: varmi í andrúmslofti, stundum nýttur sem varmagjafi fyrir varmadælur.

lög málið um varðveislu orkunnar: orka getur hvorki myndast né eyðst heldur getur hún eingöngu breyst úr einu formi í annað.

orkunýtni: segir til um það hversu mikið af upphaflegri orku breytist í nytjaorku (orku sem kemur að gagni fyrir notandann).

óendurnýjanlegur orkugjafi: orkugjafi sem er ekki sjálfbær, hann gengur með öðrum orðum smám saman til þurrðar fyrir eða síðar.

stöðuorka: orka sem hlutur hefur vegna stöðu sinnar eða legu og getur losnað úr læðingi ef hann færir sig stað.

vindorka: orka í vindi, víða nýtt til að knýja vindmyllur til rafmagnsframleiðslu.

3. kafli

bundinn snúningur: er þegar snúningur tungls um eigin möndul tekur jafnlangan tíma og tunglið er að fara einn hring um reikistjörnu sína. Snúningur tunglsins um Jörðina er til dæmis bundinn og þess vegna snýr tunglið alltaf sömu hliðinni að Jörðinni.

dvergreikistjarna: himinhnöttur sem líkist reikistjörnum um margt en er minni en þær.

gigur (á tunglinu): hringlaga upphækkun á yfirborði tunglsins sem minnir á eldgíg en hefur orðið til þegar loftsteinn skall niður á yfirborðið og kastaði upp efni í hringlaga garð umhverfis dæld.

haf (á tunglinu): stór slétta á yfirborði tunglsins þar sem mikil hraunbreiða hefur storknað.

halastjarna: himinhnöttur sem er úr ís og ryki og er á braut um sólina.

hlaupár: ár sem er einum sólarhring lengra en venjulegt ár, það er 366 dagar í stað 365 daga. Einum sólarhring, 29. febrúar, er bætt við febrúarmánuð fjórða hvert ár.

hrapsteinn: loftsteinn sem nær ekki að brenna upp í lofthjúpi Jarðar og skellur á yfirborði hennar.

kvartilaskipti: reglulegar breytingar á ásynd tunglsins þegar það hreyfist kringum Jörðina. Hin ýmsu kvartil tunglsins byggjast á því hversu mikið af upplýstu hlið þess sést frá Jörðu.

ljóshvolf: yfirborð sólarinnar. Utan ljóshvolfsins eru tvö önnur hvolf, lithvolfið og sólkórónan (sem nefnast einu nafni gashjúpur sólar).

ljóssekúnda: sú vegalengd sem ljósið fer á einni sekúndu.

loftsteinn: steinn eða bjarg, sem kemur inn í lofthjúp jarðar, verður glóandi og brennur upp til agna.

miðnætursól: sól er skín um hánótt þegar sólargangurinn er lengstur. Sólin gengur þá aldrei undir sjóndeildarhringinn og dagsbirtu nýtur allan sólarhringinn.

reikisteinn: smástirni sem eru minni en 50 metrar í þvermál.

reikistjarna: himinhnöttur á braut um stjörnu (sól) sem er stærri en allt annað í umhverfi sínu (að sólinni slepptri).

sjávarföll: reglubundnar breytingar á hæð sjávarborðs sem stafa einkum af þyngdarkrafti tunglsins (þyngdarkraftur sólar hefur einnig áhrif á sjávarföllin, en þau eru talsvert minni). Það nefnist fjara þegar sjávarborðið er lægst og flóð þegar það er hæst.

smástirni: bergflykki, allt að mörg hundruð kílómetrum í þvermál, sem eru á braut um sólina.

sólarhringur: sá tími sem það tekur jörðina að snúast einn hring um möndul sinn.

sólblettur: dökkur flekkur á yfirborði sólarinnar. Þar er yfirborðið kaldara en annars staðar.

sólkóróna: ysti hjúpur sólarinnar sem er talsvert heitari en yfirborð hennar.

sólmyrkvi: verður þegar tunglið er á beinni línu milli Jarðar og sólar. Þá myrkvast ákveðið belti á Jörðinni og myrkur getur orðið um hábjartan dag. Þeir sem eru staddir í myrkvaða beltinu upplifa sólmyrkva, aðrir ekki.

sólstrókur: glóandi ský úr heitu gasi sem þeytast út frá yfirborði sólarinnar.

sumarsólstöður (sumarsólvörð): sá dagur ársins þegar möndli jarðar hallar mest að sól og dagurinn er lengstur. Sumarsólstöður á norðurhveli eru á tímabilinu frá 20. til 22. júní.

tímabelti: eitt af 24 beltum á yfirborði jarðar sem ráðast af lengdarbaugunum. Í hverju tímabelti er klukkan alls staðar sú sama.

tunglmánuður: sá tími sem það tekur tunglið að fara eina ferð umhverfis Jörðina. Tunglmánuður er að meðaltali 29,53 dagar.

tunglmyrkvi: verður þegar Jörðin er á beinni línu milli sólarinnar og tungslins. Yfirborð tunglsins verður þá í skugga af Jörðinni og myrkvast.

tunglskin: er í reynd ljósgeislar frá sólu sem endurkastast af tunglinu og það virðist því vera svolítið lýsandi.

vetrarsólstöður (vetrarsólvörð): sá dagur ársins þegar möndli jarðar hallar mest frá sól og dagurinn er stytstur. Vetrarsólstöður á norðurhveli eru á tímabilinu frá 20. til 23. desember.

vorjafndægur og haustjafndægur: þeir dagar ársins þegar möndli jarðar hallar hvorki að né frá sól. Vorjafndægur á norðurhveli er 19.-21. mars og haustjafndægur 21.-24. september.

4. kafli

geimpoka: risavaxið ský úr vetni, helíni og öðrum frumefnum.

Efnið í slíkum þokum þéttist og myndar smám saman stjörnur.

jarðmiðjukenning: heimsmynd þar sem Jörðin er talin vera miðpunktur alheimsins.

ljósár: eining fyrir vegalengdir í geimnum. Eitt ljósár er sú vegalengd sem ljósið fer á einu ári.

miklihvellur: atburður sem varð við upphaf alheimsins; skyndileg og óskiljanlega hröð útpensla þegar alheimurinn varð til.

samruni: ferli þar sem léttir kjarnar vetnis renna saman í helínkjarna. Við þetta losnar mikil orka úr læðingi.

sólmiðjukenning: heimsmynd þar sem sólín er talin vera miðpunktur alheimsins.

svarthol: staður í alheiminum þar sem allt efni þjappast saman í einn punkt vegna gríðarlegs þyngdarkrafts. Svarthol myndast þegar mjög stór (þung) stjarna hrynur saman.

tvístirni: tvær stjörnur sem hreyfast sem þar á brautum hvor um aðra.

vetrarbraut (stjörnuþoka): gríðarstórt kerfi úr ryki, gasi og stjörnum sem geta verið allt upp í hundruð milljarða að tölu.

Rétthafar myndefnis

- Anders Karlsson 56
 Anders Wiklund/Scanpix 41 (1)
 Anna Lilja Magnúsdóttir 46 (2)
 Anna Yu/Photographer's Choice/Getty Images 39 (3), 65 (4), 118 (4)
 Ashley Cooper/SpecialistStock/Scanpix 54 (2)
 Árni Sæberg/MBL 53 (2)
 B.O. Nordin/SCB 62
 B.W. Marsh/Photo Researcher /IBL 104 (5)
 Belmonte/BSIP 23
 Bo Dahlin/Scanpix 49
 CERN 10
 Chris Gunn/NASA 104 (9)
 David Troncoso/Nonstock/Scanpix 95
 Digital Storm/Shutterstock 84-85
 DPA/Scanpix 9 (3)
 Erich Lessing/IBL 104 (2)
 ESA 87 (2), kápumynd
 ESO 92 (2), 93 (1)
 F. Hecker/IBL 11 (2)
 Franz Marc Frei/LOOK/IBL 104 6
 Gaetan Bally/Keystone/Scanpix 11 (1)
 Gerard Julien/AFP/Scanpix 32
 Google Maps/Menntamálastofnun 92 (1)
 Granger Collection/Scanpix 9 (1,4)
 Göran Gustafson/Scanpix 55
 Hermann Hafsteinsson/Stjórnufræðivefurinn 80 (2)
 IBL 17
 Idreamstock/IBL 57
 Istituto e Museo di Storia della Scienza 111 (1)
 Jan E. Carlsson/Scanpix 61 (2)
 Jan Jurka/Naturfotograferna/IBL 76 (1)
 Javier Larrea/IBL 8
 Jeppe Wikström/Scanpix 30
 Johanna Hanno/Bildhuset/Scanpix 39 (4), 65 (1)
 John Sandford/Science Photo Library/IBL 94
 Jonas Forsberg/Naturfotograferna/IBL 51 (2)
 Klas Rune/Naturfotograferna/IBL 77 (1)
 Kristofer Sandberg/Scanpix 72
 Kyodo News/AP/Scanpix 21 (1)
 Laski Diffusion/Gamma/IBL 60
 Leif Engberg/Scanpix 29
 Lennart Håwi/Expressen/Scanpix 27
 LIGO 114 (2)
 Liszt Collection/Heritage-Images/IBL 104 (3)
 Living Earth, Inc/Nasa 69
 Marco Fulle/Stroboli online 68
 Marcus Führer/DPA/Scanpix 82
 Maria Picard/Corbis/Scanpix 33
 Mikael Hjerpe/IBL 34 (2)
 NASA 7(2), 25, 31, 66, 67 (2), 69, 73, 75, 81, 83, 86, 87 (1), 88–92, 99,
 100–103, 104 (7), 105–106, 108 (1), 112, 114 (1), 115
 NASA/ESA 113
 Oddur Sigurðsson/Veðurstofa Íslands 24, 46 (3), 50 (1), 51 (1)
 Paul Souders/Corbis/Scanpix 50 (2)
 Peter Nordahl/IBL 13
 Peter Ugander/Naturfotograferna/IBL 76 (2)
 P-M Hedén/Scanpix 79
 Pontur Lundahl/Scanpix 48
 Print Collector/Scanpix 9 (2)
 Rafael Macia/Photo Researchers/IBL 109
 Rex Features/IBL 78
 RIA Novosti/Scanpix 93 (2)
 Roger Schederin/Scanpix 19
 Rolf Adlercreutz/Scanpix 56
 Ronald Royer/Science Photo Library/IBL 80 (1)
 Royal Astronomy Society/Science Photo Library/IBL 110, 111(2)
 Science Photo Library/IBL 6, 9 (5), 21 (2), 22, 68, 104(4,8), 108 (2)
 Science Source/Photo Researchers/IBL 104 (1)
 Shutterstock 15, 26, 34 (3), 39 (1,2,5), 40, 42, 45, 46 (1), 47, 52, 54
 (1), 58, 65 (2,3) 67 (1), 118 (1–3)
 Sigfús Eymundsson/Ljósmyndasafn Íslands 53 (1)
 Silkeborg Museum, Danmark/Munoz-Yague/Science Photo Library/IBL 20
 Staffan Andersson/IBL 34 (1)
 Staffan Löwstedt/SvD/Scanpix 16
 Stefan Hallberg/IBL 77 (2)
 Steve Allen/Brand X/Getty Images
 Sævar Helgi Bragason/Stjórnufræðivefurinn 79
 TEPCO/Xinhua Press/Corbis/Scanpix 35
 Topps trading card series illustrerad av Wallace Wood 1962 108 (3)
 Tryggvi Jakobsson 59
 Xinhua News Agency/Eyevine/IBL 61 (1)



EDLISFRÆÐI 3

Eðlisfræði 3 er í flokki kennslubóka í náttúrugreinum, sem kallast Litróf náttúrunnar. Áður eru komnar út *Eðlisfræði 1* og *Eðlisfræði 2*. 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 kjarneðlisfræði en í öðrum kafla um orkuöflun mannkyns. Þriðji kafla fjallar um sólkerfið og sá fjórði um alheiminn. 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. Í bókarlok er atriðisorðaskrá ásamt samantekt á orðskýringum úr öllum bókunum þremur.

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



MENNTAMÁLASTOFNUN
40091

