



Rafbók



# Rafmagnsfræði

## 1. kafli Rafmagn

---

**Rafmagnsfræði 1. kafli Rafmagn**

---

Þetta hefti er án endurgjalds á rafbókinni [www.rafbok.is](http://www.rafbok.is)

Allir rafiðnaðarmenn og rafiðnaðarnemar geta fengið aðgang án endurgjalds að rafbókinni.

Höfundur er Einar H. Ágústsson.

Umbrot: Ísleifur Árni Jakobsson.

Heimilt er að afrita textann til fræðslu í skólum sem reknir eru fyrir opinbert fé án leyfis höfundar eða Rafmenntar, fræðsluseturs rafiðnaðarins. Hvers konar sala á textanum í heild eða að hluta til er óheimil nema að fengnu leyfi höfundar og Rafmenntar.

Vinsamlegast sendið leiðréttingar og athugasemdir til

Báru Laxdal Halldórsdóttur á netfangið [bara@rafmennt.is](mailto:bara@rafmennt.is)



---

## Rafmagnsfræði 1. kafli Rafmagn

---

### Efnisyfirlit

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| Inngangur .....             | 4  |
| 1. Rafmagn .....            | 6  |
| Uppbygging efnis .....      | 6  |
| Rafeindakenningin .....     | 7  |
| Rafhleðsla.....             | 9  |
| Rafspenna.....              | 11 |
| Rafstraumur.....            | 13 |
| Rafviðnám .....             | 15 |
| Spurningar úr 1. kafla..... | 16 |

---

## Rafmagnsfræði 1. kafli Rafmagn

---

# Inngangur

Rafmagnsfræðin er hluti af hinni svokölluðu tilraunaæðlisfræði. Þekking á rafmagnsfræði hefur fengist með nákvæmum og fjölþættum tilraunum með rafmagn. Í tilraunastofum hafa menn fundið ýmis lögmál sem síðan er hægt að setja upp í formúlur og jöfnur. Þess vegna er stærðfræði nauðsynlegt hjálpargagn til þess að öðlast skilning á rafmagnsfræði.

Þar sem rafmagn er yfirleitt ósýnilegt fyrirbæri er eðlilegt að menn reyni að útskýra það með samanburði við sýnileg náttúruleg fyrirbæri sem allir þekkja. Til dæmis er rafstraumur í málmléiðara oft borinn saman við vatnsstraum í pípu og spennugjafanum, t.d. rafgeymi eða rafala, má þá líkja við vatnsdælu. Sérhver nemandi í rafmagnsfræði verður reyna að byggja upp mynd í sínum hugarheimi af þessu ósýnilega fyrirbæri og sú ímynd verður að fylgja þeim lögmálum sem rafmagnsfræðin lýtur. Því fyrr sem þetta tekst, því betur gengur nemandanum að tileinka sér fræðin og því meiri ánægju fær hann út úr náminu.

Þessi kennslubók í rafmagnsfræði er í tveimur hlutum. Í 1. hluta er farið í grundvallaratriði rafmagnsfræðinnar, en í 2. hluta er fjallað um rafvélar og fylgibúnað. Reynt hefur verið að leggja áherslu á hina “praktísku” þætti og miða við íslenskar aðstæður.

---

**Rafmagnsfræði 1. kafli Rafmagn**

---

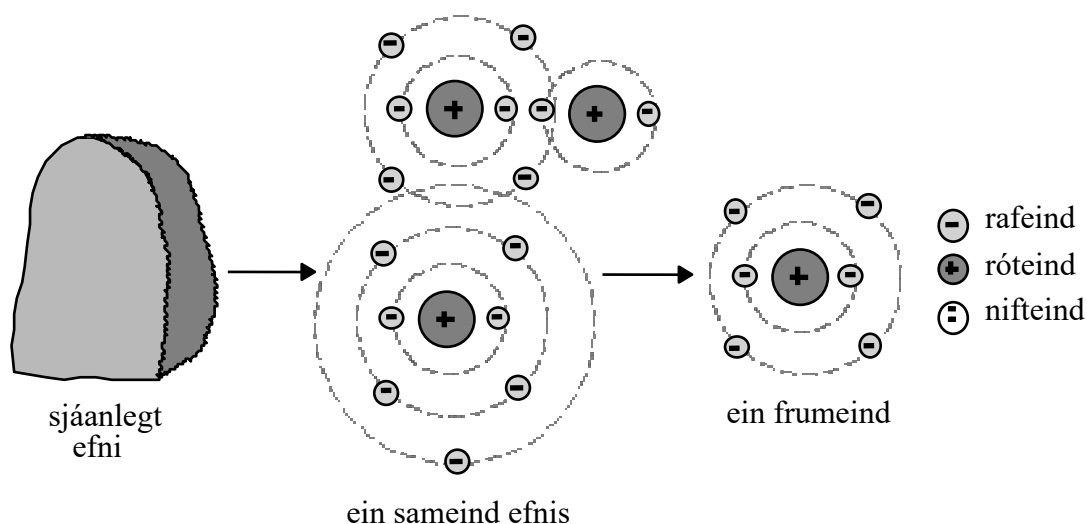
Í bókinni er gert ráð fyrir sjálfsnámi nemenda að nokkru leyti, t.d. eru útreiknuð sýnidæmi í flestum köflum hennar. Einnig eru spurningar og reikningsdæmi fyrir aftan kaflana. Mjög æskilegt er að verklegar tilraunaæfingar séu stundaðar samhliða og til stuðnings bóknáminu og eru sérstök hefti með æfingum sem númeraðar eru í samræmi við kafla bókarinnar.

# 1. Rafmagn

## Uppbygging efnis

Samkvæmt skilgreiningu er efni hvaðeina sem tekur rými. Efni getur verið í föstu formi, fljótandi eða lofttegund.

Yfir eitt hundrað frumefni hafa fundist í náttúrunni og öll önnur efni eru samsett úr þeim.



Mynd 1.1

Öll efni eru gerð úr frumeindum (atómum). Frumeind er svo lítil að hún verður ekki sýnileg, en menn hafa komist að raun um byggingu hennar með tilraunum. Líkja má byggingu hennar við lítið sólkerfi, með kjarna í miðju sem er gerður úr róteindum (protrones) og nifteindum (neutrones), en á braut-um umhverfis hann þjóta rafeindir (electrones).

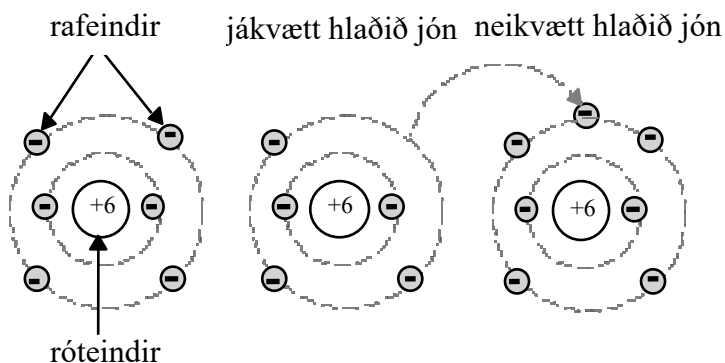
## Rafmagnsfræði 1. kafli Rafmagn

Til þess að gera sér stærðarhlutföll frumeindar í hugarlund, má hugsa sér kjarnann á stærð við baun og væri þá rafeind á stærð við tíutuprjónshaus í um 50 metra fjarlægð frá henni. Það má því segja að nær allur efnismassinn sé í kjarnanum, eða um 99,9%. Þyngd einnar rafeindar er aðeins  $1/1836$  af þyngd einnar róteindar.

Róteindirnar í kjarnanum hafa jákvæða rafhleðslu (+), en nifteindirnar eru óhlaðnar. Rafeindirnar sem þjóta eftir brautum umhverfis kjarnann hafa neikvæða rafhleðslu (-). Frumeind hefur í eðlilegu ástandi jafn margar rafeindir og róteindir og er þess vegna óhlaðin út á við.

### Rafeindakenningin

Eins og að framan getur er tala róteinda og rafeinda jöfn þegar frumeind er í eðlilegu ástandi. Sumar tegundir frumeinda hafa tiltölulega laust bundnar rafeindir á ysta hveli. Slíkar frumeindir mætti kalla “gjöfular” því þær eiga það til að missa frá sér rafeindir. Ef það á sér stað eru róteindir komnar í meirihluta innan frumeindarinnar og hún telst þ.e. hafa jákvæða hleðslu. Slík frumeind kallast gjarnan jákvætt hlaðið jón (sjá mynd 1.2).



Mynd 1.2

---

**Rafmagnsfræði 1. kafli Rafmagn**

---

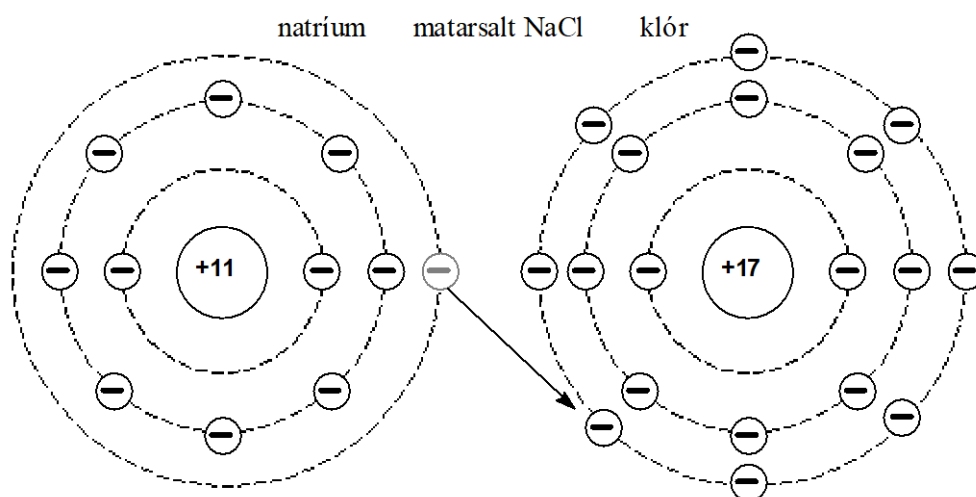
Aðrar tegundir frumeinda hafa tilhneigingu til þess að hrifsa til sín rafeindir, þær mætti kalla “gráðugar”. Þegar slík frumeind hefur náð til sín auka rafeind er hún orðin neikvætt hlaðið jón. Rafeind sem hefur losnað frá frumeind er kölluð frjáls rafeind, þetta er algengt þegar fáar rafeindir eru á ysta hveli frumeindar.



## Rafmagnsfræði 1. kafli Rafmagn

### Rafhleðsla

Mörg efni hafa þá eiginleika að hlaðast rafmagni við núning. Í daglegu lífi verðum við oft vör við fyrirbærið rafhleðslu. Ef við t.d. göngum eftir nýju gólfteppi eða hlaupum niður stiga og strjúkum plasthandrið um leið, hlöðumst við rafmagni. Við verðum þó ekki vör við þessa hleðslu fyrr en við snertum einhvern hlut sem hefur góða rafleiðni, en þá afhlöðumst við skyndilega, jafnvel getur hlaupið frá okkur neisti. Þetta fyrirbæri á sér auðvitað eðlisfræðilega skýringu.



Mynd 1.3

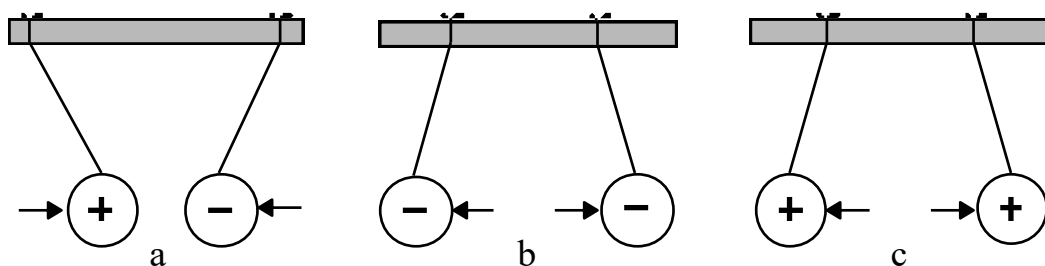
Á mynd 1.3 er sýnt hvernig frumeind sem hefur eina rafeind á ysta hveli, hefur tilhneigingu til þess að missa hana yfir til frumeindar sem hefur margar rafeindir á ysta hveli. Við það verður natriumfrumeindin jákvætt hlaðin, en klórfrumeindin neikvætt hlaðin.

Ef tveimur efnum er núið saman og annað er “gjöfult” en hitt “gráðugt”, fara rafeindir frá því gjöfula til hins gráðuga og bæði efnum fá rafhleðslu. Það gjöfula jákvæða (+) en það gráðuga neikvæða (-) hleðslu.

## Rafmagnsfræði 1. kafli Rafmagn

Mælieining fyrir rafhleðslu er Coulomb skammstafað C eða As (amper sekúndur). Mörg efni sem að jafnaði leiða ekki rafstraum, svokölluð einangrunarefni, hafa tilhneigingu til þess að hlaðast upp á þennan hátt, t.d. ýmis plastefni.

Mynd 1.4 sýnir tilraun með hlaðnar kúlur sem hanga í bandi. Kúlurnar hafa fengið rafhleðslu t.d. við núning. Á mynd a hafa þær gagnstæðar hleðslur og dragast þá hvor að annarri. Á mynd b eru báðar - hlaðnar og hrinda þá hvorri annarri frá sér. Og á mynd c hafa báðar + hleðslu og hrinda þá einnig hvorri annarri frá sér. Þessi kraftur er í beinu hlutfalli við hleðslumagnið, en í öfugu hlutfalli við fjarlægðina á milli kúlanna, í öðru veldi.



Mynd 1.4

Niðurstaða tilraunarinnar er sú að hlutir með ósamkynja hleðslur dragast hver að öðrum, en hlutir með samkynja hleðslur hrinda hver öðrum frá sér.

---

## Rafmagnsfræði 1. kafli Rafmagn

---

### Rafspenna

Ef tveir hlutir hafa mismunandi rafhleðslu er rafspenna á milli þeirra. Hlutirnir þurfa ekki að hafa jákvæða (+) og neikvæða (-) hleðslur, heldur geta þeir haft mismunandi jákvæðar eða mismunandi neikvæðar hleðslur. Spennu má t.d. líkja við þrýsting í vatnskerfi, sem er skilyrði þess að vatn nái að streyma eftir lögninni. Eins er rafspenna skilyrði þess að rafstraumur streymi eftir raflögn. Spenna getur myndast með ýmsu móti, hér eru talðar 5 orsakir spennumyndunnar:

1. Vegnað núnings. Tvö mismunandi efni núast saman.
2. Vegna varmavirkni. Tveir ólíkir málmar eru settir saman og hitaðir (thermoelement).
3. Vegna áhrifa ljóss. T.d. í sólarrafhlöðum.
4. Vegna efnabreytinga. Í rafhlöðum og rafgeymum.
5. Vegna segulviðsverkana. Í rafölum.

Í raun eru tvær síðast töldu aðferðirnar langmest notaðar við spennuframleiðslu.

Mælieining fyrir spennu er volt, skammstafað  $V$ , og er nefnd eftir ítalska eðlisfræðingnum Volta sem var einn af frumkvöðlum rafmagnsfræðinnar.

Rafhlaða er spennugjafi með jákvætt og neikvætt skaut. Það þýðir að við neikvæða skautið eru umframbirgðir af rafeindum, en við jákvæða skautið er skortur á rafeindum. Þetta misvægi stafar af efnaferlum. Ef leiðari er settur á milli skautanna streyma rafeindir frá -skautinu til +skautsins þar til fjöldi rafeinda í báðum skautum er orðinn jafn. Rafhlaðan hefur þá enga rafhleðslu lengur og því ekki heldur spennu á milli skautanna.

---

## Rafmagnsfræði 1. kafli Rafmagn

---



Mynd 1.5

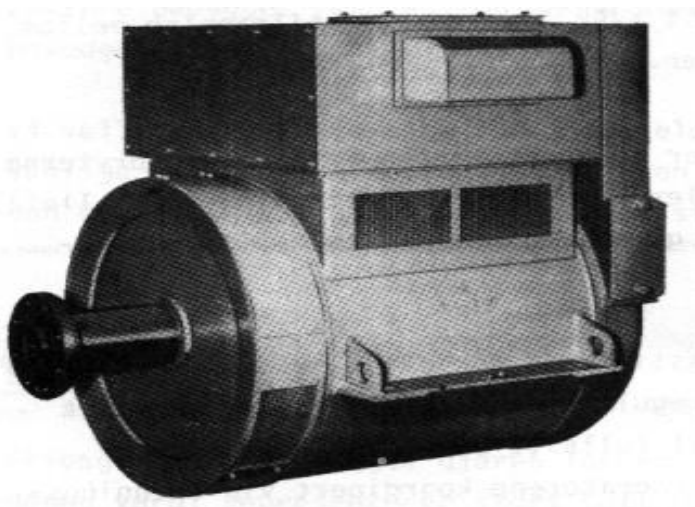
Blýrafgeymir er dæmi um spennugjafa sem hefur í raun mismunandi jákvæð skaut. Ef leiðið samband verður um straumrás sem tengist skautum rafgeymisins, fer rafeindastraumur samt sem áður frá skautinu sem er minna jákvætt og er merkt sem -skaut, til hins skautsins þar sem rafeindaskorturinn er enn meiri og er merkt +skaut. Spenna rafhlaða og rafgeyma er kölluð jafnspenna og straumurinn í rásum tengdum þeim jafnstraumur, en hann streymir alltaf í sömu stefnu.

Rafalar eru langafkastamestu spennugjafarnir. Þeir framleiða spennu með því að valda segulsviðbreytingu umhverfis leiðara. Í jafnstraumsrafölum eru leiðarar færðir í gegnum segulsvið en í riðstraumsrafölum er segulsvið oftast fært framhjá leiðurum. Í raun framleiðist riðspenna sem skiptir stöðugt um pólun og styrkleika í öllum rafölum, en með því að tengja inn á svokallaðan straumvendi eða afriðil fæst jafnspenna (rakspenna) frá jafnstraumsrafölum. Á mynd 1.6 er riðstraumsrafali af gerð sem er algeng í skipum og bátum.

---

## Rafmagnsfræði 1. kafli Rafmagn

---



Mynd 1.6

### Rafstraumur

Smæsta eining rafhleðslu er ein rafeind sem hefur neikvæða hleðslu. Frjálsar rafeindir geta því flutt rafhleðslur eða rafmagn.

Rafstraumur kallast það þegar margar frjálsar rafeindir streyma í sömu stefnu t.d. eftir leiðara.

Þegar straumrás er tengd við spennugjafa hefst rafeindastraumur samtímis í allri rásinni. Þessu mætti líkja við járnbrautarlest á hringlaga teinum, þar sem fremsti og aftasti vagninn væru tengdir saman. Allir vagnar lestarinnar fara samtímis af stað og stöðvast einnig samtímis. Fjöldi þeirra rafeinda sem fer um þverskurð leiðara á einni sekúndu er mælikvarði á straumstyrkinn. Mælieining fyrir rafstraum (I) er amper, skammstafað A. Þegar  $6,28 \cdot 10^{18}$  í rafeindir fara um leiðara á einni sekúndu telst straumurinn vera eitt amper.

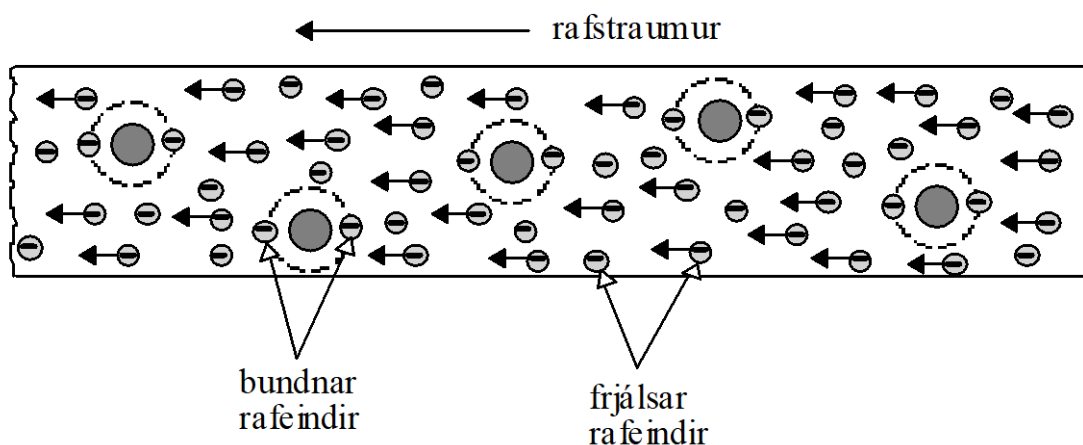
## Rafmagnsfræði 1. kafli Rafmagn

Rafeindirnar streyma frá -skauti um straumrás til +skauts á spennugjafa, en löngu áður en rafeindafræðin varð til höfðu vísindamenn orðið ásáttir um að stefna rafstraums væri frá + til - skauts. Enda þótt menn viti nú betur eru ýmsar reglur og merkingar í samræmi við þessa gömlu reglu. Minnsta hugsanleg rafhleðsla er ein rafeind, eins og fyrr segir, en fjöldi einstakra rafeinda er ekki hentugur mælikvarði á rafhleðslu og því er notuð stærri eining eins og colomb (C).

Rafstraumur er eins og fyrr segir straumur rafeinda um þverskurð leiðara á sekúndu og því má setja upp líkingu fyrir straum á eftirfarandi hátt:

$$\text{Rafstraumur} = \text{rafhleðsla} / \text{tími, eða } I = Q/t$$

$I$  er líkingartákn fyrir rafstraum,  $Q$  fyrir rafhleðslu og  $t$  fyrir tíma.



Mynd 1.7

Jafnstraumur (rakstraumur) streymir alltaf í sömu stefnu eftir straumrás, miðað við pólun spennugjafa. Jafnstraumsrásir og spennugjafar eru oft merktir með skammstöfuninni DC, sem er tekin úr ensku (direct current).

---

## Rafmagnsfræði 1. kafli Rafmagn

---

### Rafviðnám

Riðstraumur breytir sífellt um stefnu og styrkleika í samræmi við breytileika riðspennunnar.

Riðstraumsrásir og spennugjafar eru oft einkenndir með skammstöfuninni AC (alternating current).

Eins og áður hefur verið útskýrt fara frjálsar rafeindir í rafleiðara á hreyfingu ef þær verða fyrir áhrifum rafspennu. Þessar frjálsu rafeindir hafa sumar verið losaðar frá frumeindum sem eru kyrrstæðar og kallast þá jákvæð jón. Einnig eru óhlaðnar frumeindir og aðrar frjálsar rafeindir fyrir í leiðaranum sem eiga sinn þátt í að hindra för frjálsra rafeinda. Þessa hindrun á för rafeindanna má skýra með eftirtöldu atriðum. Jákvæðar jónir vilja ná frjálsri rafeind til sín, aðrar frjálsar rafeindir hafa fráhrindandi áhrif og árekstrar verða við óhlaðnar frumeindir. Þessar hindranir sem straumur frjálsra rafeinda verður fyrir nefnast einu nafni rafviðnám.

Mælieiningin fyrir viðnám nefnist Ohm eftir þýska eðlisfræðingnum Georg Simon Ohm. Oftast er einingin skammstöfuð með gríska stafnum omega ( $\Omega$ ). Hin ýmsu efni hafa mismunandi viðnámseiginleika og er það skilgreint sem eðlisviðnám þeirra. Rafleiðarar hafa lágt eðlisviðnám, en efni sem notaðir eru til einangrunar rafspennu hafa hinsvegar hátt eðlisviðnám.

Viðnám getur í mörgum tilfellum verið æskilegt fyrirbæri, t.d. til takmörkunar á rafstraumi í straumrás, eða t.d. við breytingu á raforku í varma, í hitaldi. Í leiðurum sem flytja raforku frá einum stað til annars er hinsvegar æskilegt að hafa sem allra minnst viðnám, því það veldur orkutapi í leiðurunum. Nánar er fjallað um viðnám í kafla 4.

---

## Rafmagnsfræði 1. kafli Rafmagn

---

### Spurningar úr 1. kafla

#### 1.1

Hvernig rafhleðslu hefur

- a) róteind
- b) rafeind
- c) nifteind?

#### 1.2

Hvenær telst frumeind vera jákvætt hlaðin jón?

#### 1.3

Hvað einkennir frumeind sem telst “gjöful”?

#### 1.4

Hvað einkennir frumeind sem telst “gráðug”?

#### 1.5

Hvernig kraftar virka á tvo hluti sem hafa samskonar rafhleðslu?

#### 1.6

Lýstu eðlismun jákvæðs og neikvæðs rafskauts.

#### 1.7

Algengustu spennugjafar eru?

#### 1.8

Afkastamestu spennugjafarnir eru?

#### 1.9

Lýstu muninum á jafnspennu og riðspennu.

#### 1.10

Mælieining fyrir spennu er?

#### 1.11

Hver er forsenda þess að rafeindir streymi í ákveðna átt eftir leiðara?

#### 1.12

Hvað er rafstraumur?

#### 1.13

Fyrir hvað stendur skammstöfunin DC?



---

**Rafmagnsfræði 1. kafli Rafmagn**

---

**1.14**

Hver er mælieining rafstraums og hvernig er hún skammstöfuð?

**1.15**

Hvernig er hugtakið viðnám skilgreint?

**1.16**

Hver er mælieiningin fyrir viðnám og hvernig er hún skammstöfuð?

**1.17**

Nefndu tilfelli þar sem viðnám er óæskilegt fyrirbæri.