

Lögmál Ohm og geislunarafl ljósaperu

Lesefni til hliðsjónar

1. Walker: *Halliday and Resnick's Principles of Physics*, 11. útgáfa, kafli 18.6 og 26.
2. Young & Freedman: *University Physics*, 14. útgáfa, kafli 17.7 og 25.

1 Inngangur

Í þessari tilraun skoðum við eiginleika straums og spennu í rafrás með jafnspennu. Lögmáli Ohm er beitt og kannað hvernig heildarviðnám raðtengdra og hliðtengdra viðnám er. Ólínulegt viðnám ljósaperu er skoðað og það borið saman við lögmál Stefan-Boltzmann um geislunarafl og hvernig það breytist með hitastigi.

1.1 Eðlisviðnám vírs

Einn af eiginleikum málma er viðnám þeirra við því að leiða rafstraum. Þessum eiginleika er lýst með eðlisviðnámi sem er mismunandi eftir efnum og hefur eininguna Ωm . Fyrir leiðara með þverskurðarflatarmál A og lengd l má tengja saman eðlisviðnám leiðarans ρ og heildarviðnám hans með jöfnunni:

$$R = \frac{\rho l}{A} \quad (1)$$

þar sem R er heildarviðnám leiðarans.

1.2 Lögmál Ohm

Lögmál Ohm tengir saman hversu mikill rafstraumur I rennur í gegnum viðnám R þegar spennan V er sett yfir viðnámið. Jafnan sem lýsir þessum tengslum er venjulega gefin sem $V = IR$, en ef straumur og spenna eru þekkt gildi má beita þessari jöfnu til að ákvarða gildi viðnámisins með

$$R = \frac{V}{I} \quad (2)$$

Athugið að í lögmáli Ohm er ekki gert ráð fyrir viðnámið breytist fyrir ólík gildi á straum og spennu. Fjölmörg dæmi eru þó um slíkt eins og t.a.m. glóperur þar sem viðnám þeirra eykst með aukinni spennu í perunni (eða öllu heldur hitastigi hennar).

Afl í rafrásum má reikna með margfeldi straums og spennu

$$P = IV. \quad (3)$$

Með lögmáli Ohm má umskrifa þessa jöfnu sem $P = I^2 R$ eða $P = V^2/R$.

1.3 Raðtengd og hliðtengd viðnám

Heildarviðnám tveggja raðtengdra viðnáma er gefið með summu þeirra

$$R_{\text{raðtengt}} = R_1 + R_2. \quad (4)$$

Um heildarviðnám tveggja hliðtengdra viðnáma gildir hinsvegar

$$\frac{1}{R_{\text{hliðtengt}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (5)$$

sem má umskrifa sem

$$R_{\text{hliðtengt}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}. \quad (6)$$

1.4 Viðnám sem fall af hitastig

Vel þekkt er að viðnám málma vex með hitastigi. Einfalt líkan sem lýsir hvernig viðnámið breytist með hitastigi er gefið með jöfnunni

$$R = R_0[1 + \alpha(T - T_0)] \quad (7)$$

þar sem R_0 er upphafsviðnámið við hitastigið T_0 og R er viðnámið við hitastigið T . Stuðullinn α er breytilegur eftir málmi en t.d. fyrir wolfram (W) er hann $\alpha = 4.40 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

Nota má jöfnu (7) til að spá fyrir um hvernig viðnám málma eykst með hitastigi en hana má jafnframt líka nota til að ákvarða hitastig vírs út frá viðnámsbreytingunni (m.v. upphafshitastig) ef stuðullinn α er þekktur

$$T = \frac{R/R_0 - 1}{\alpha} + T_0. \quad (8)$$

1.5 Lögmál Stefan-Boltzmann

Heildarafl geislunar frá hlut við hitastig T er gefið með lögmáli Stefan-Boltzmann

$$P = \sigma \varepsilon S T^4 \quad (9)$$

þar sem σ er fasti Stefan-Boltzmann ($\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$), ε er eðlisgeislun yfirborðsins ($0 < \varepsilon < 1$) og S er yfirborðsflatarmál hlutarins. Ef $\varepsilon = 1$ er hluturinn kallaður svarthlutur en fyrir flest efni má búast við því að $\varepsilon < 1$.

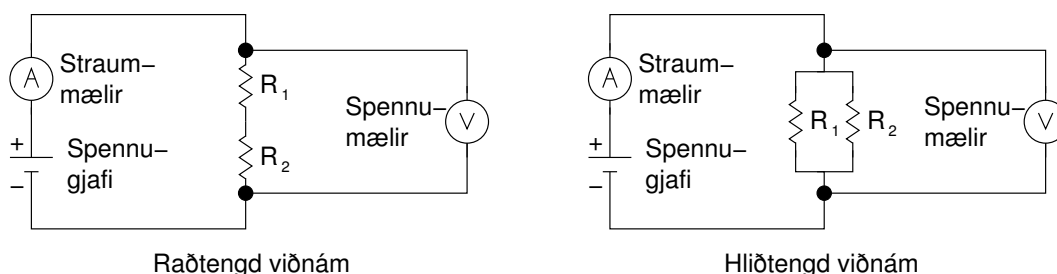
2 Tilraun

Mikilvægt að hafa í huga:

- Spennumælir er alltaf hliðtengdur við rás, t.d. til að mæla spennu yfir viðnám.
- Straummælir er alltaf raðtengdur í rás. Rjúfa þarf því rás til að tengja straummæli inn í hana.

Til að hafa sem minnst áhrif á rásina sem mæla á hafa straummælur mjög lítið innra viðnám. Spennugjafar hafa jafnframt iðulega innra viðnám sem hefur áhrif á heildarviðnám rásarinnar. Hluti af spennufallinu sem verður í rásinni verður yfir þessi innri viðnám og því er nauðsynlegt í þessari tilraun að mæla spennufallið yfir þá íhluti sem skoða á (viðnám og ljósaperu). Til að mæla spennu yfir íhluti hafa svo spennumælur að sama skapi hátt innra viðnám til að takmarka þann straum sem rennur í gegnum þá.

2.1 Hliðtengd og raðtengd viðnám

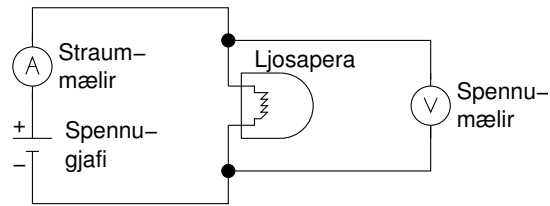


Mynd 1: Raðtengd og hliðtengd viðnám. Á rafrásamyndum eru jafnspennugjafar iðulega táknadur með tveimur línum merktum með + og – þar sem styttri línan táknar neikvæða skautið. Straum- og spennumælur eru táknadur með A og V innan í hring.

Í fyrsta hluta þessarar tilraunar skoðum við hvernig ákvarða má viðnámsgildi með lögmáli Ohm og mælingum á straum og spennu.

- Tengid rás eins og sýnt er til vinstri á mynd 1. Veljið viðnám með heppileg gildi og stillið spennugjafann þannig að hann gefi 1 Volt spennu.
- Mælið strauminn sem rennur í rásinni og beitið lögmáli Ohm til að ákvarða heildarviðnám rásarinnar.
- Berið niðurstöðuna saman við jöfnu (4) sem gildir um raðtengd viðnám.
- Endurtakið nú tilraunina en hafið nú viðnám hliðtengd eins og rásin hægra megin á mynd 1 sýnir. Ákvarðið R og berið saman við jöfnu (6) fyrir hliðtengd viðnám.
- Ákvarðið heildaraflíð í rásunum fyrir bæði tilfellin. Í hvoru tilfallinu er heildaraflíð herra fyrir sömu spennu frá spennugjafanum?

Gerið ráð fyrir 1% mælinákvæmni (óvissu) fyrir mælingar á straum og spennu og fyrir uppgefin viðnámsgildi.



Mynd 2: Rafrás til að mæla spennu og straum í ljósaperu.

2.2 Viðnám ljósaperu

Tengið ljósaperu við spennugjafa eins og sýnt er á mynd 2.

- Ákvarðið R_0 gildi ljósaperunnar með lögmáli Ohm. Gerið það með því að setja mjög litla spennu á spennugjafann (t.d. 0.01 Volt) og mæla strauminn í rásinni.
- Mælið straum og spennu í rásinni fyrir spennugildi á bilinu 1 til 8 Volt (með 1 Volt millibili) og reiknið viðnám ljósaperunnar með lögmáli Ohm (jöfnu (2)).
- Teiknið graf af viðnáminu sem fall af spennunni.

Er viðnám ljósaperunnar óháð spennunni sem sett er yfir hana?

2.3 Geislunarstyrkur ljósaperu

Samkvæmt lögmáli Stefan Boltzmann er heildaraflíð sem geislast frá heitum hlut gefið með jöfnu (9). Þvermál ljósaperuvírsins er þekkt ($D = 30 \mu\text{m}$) en ekki lengd hans. Þar sem eðlisviðnám perunnar er hinsvegar þekkt ($\rho_W = 5.6 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$) má ákvarða lengd vírsins í henni út frá $l = \frac{R_0 \cdot A}{\rho}$ þar sem A er þverskurðarflatarmál vírsins. Yfirborðsflatarmál vírsins er þá gefið með jöfnunni

$$S = l\pi D = \frac{R_0 \pi^2 D^3}{4\rho}. \quad (10)$$

- Safnið gögnum um aflíð sem dælt er til perunnar í töflu (reiknað með $P = IV$) og hitastig hennar, reiknað út frá jöfnu (8). Munið að skrá hitastigið T í einingunni Kelvin. Skráið einnig stærðina T^4 í töfluna.
- Teiknið graf sem sýnir P sem fall af T^4 og ákvarðið hallatölu ferilsins.
- Ákvarðið yfirborðsflatarmál ljósaperuvírsins með jöfnu (10). Hallatala grafsins ætti að samsvara fastanum í jöfnu (9), þ.e. $h = \sigma \epsilon S$. Notið þetta til að ákvarða gildi á eðlisgeislun Wolfram, ϵ .