Segulrásir

Hvernig flæða $\bar{B}$ og $\bar{H}$ um spennubreyta og fleiri segulrásir

Grunnjöfnur

$$\bar{\nabla}\cdot\bar{B} = 0$$

$$\bar{\nabla}\times\bar{H} = \bar{J}$$

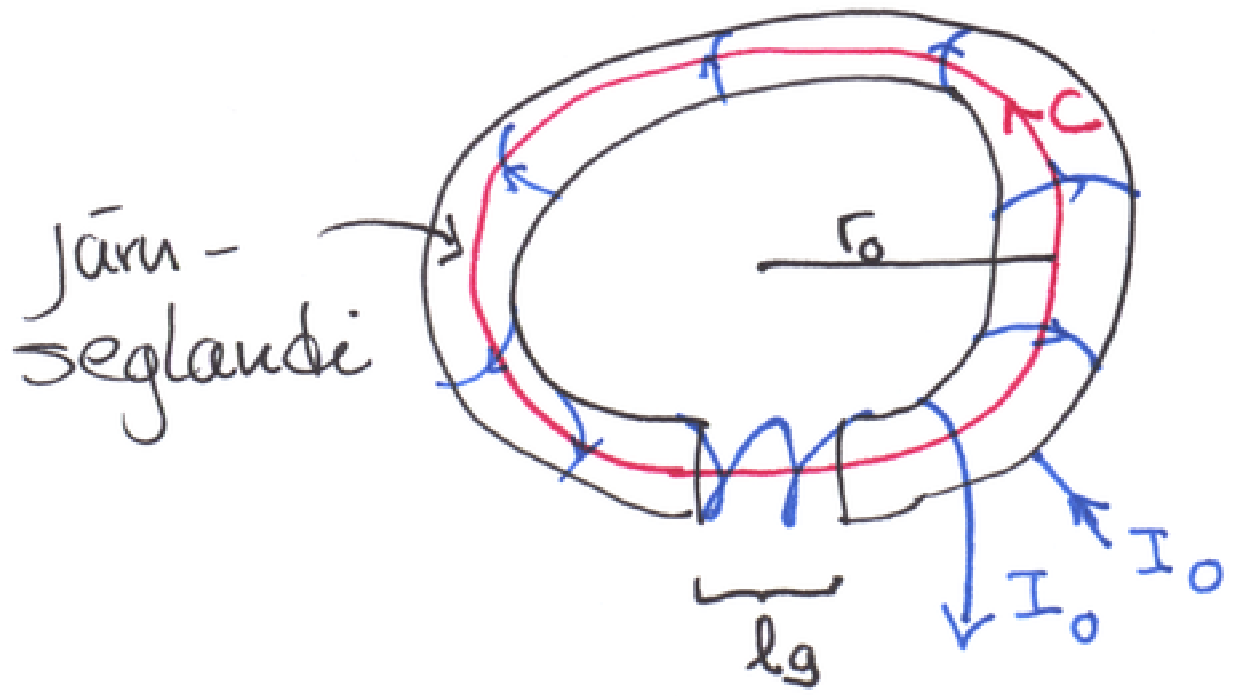
(frjálsi straumurinn sem við viljum stjórna)

Heildisform

$$\oint_C \bar{H}\cdot d\bar{l} = NI = V_m$$

magneto-motive force „Istraumur"

Dæmi (um segulrás)



Kleinuhringur (kjölflötur) með geil

$2\pi r_0 \gg l_g$, þversnið $S \ll \pi r_0^2$.

$S = \pi a^2$, $a \ll r_0$

Ekkert flæðistap út fyrir

$$\overline{B}_f = \overline{B}_g = \hat{a}_\phi B_f$$

í geil

í járni

$$\overline{H}_f = \hat{a}_\phi \frac{B_f}{\mu}$$

$$\overline{H}_g = \hat{a}_\phi \frac{B_f}{\mu_0}$$

en við höfum ekki reiknað þessar stærðir enn.

<u>Við höfum aðeins tengt þær</u>

Notum $\oint \overline{H}\cdot d\ell = NI_0$

$$\Downarrow$$

$$\underbrace{\frac{B_f}{\mu}(2\pi r_0 - \ell_g)}_{\text{járn}} + \underbrace{\frac{B_f}{\mu_0}\ell_g}_{\text{geil}} = NI_0$$

$$\rightarrow \overline{B}_f = \hat{a}_\phi \frac{\mu_0 \mu N I_0}{\mu_0(2\pi r_0 - \ell_g) + \mu \ell_g}$$

$$\overline{H}_f = \hat{a}_\phi \frac{\mu_0 N I_0}{\mu_0(2\pi r_0 - \ell_g) + \mu \ell_g}$$

$$\overline{H}_g = \hat{a}_\phi \frac{\mu N I_0}{\mu_0(2\pi r_0 - \ell_g) + \mu \ell_g}$$

$$\frac{H_g}{H_f} = \frac{\mu}{\mu_0} \longrightarrow$$ segulsviðið er miklu sterkara í gætinni

um segulflæðið gildir hér

$$\Phi = BS$$

$$\boxed{\Phi = \frac{NI_0}{\frac{(2\pi r_0 - l_g)}{\mu S} + \frac{l_g}{\mu_0 S}} = \frac{V_m}{\mathcal{R}_f + \mathcal{R}_g}}$$

þar sem

$\mathcal{R}_f = \frac{l_f}{\mu S}$, $l_f = 2\pi r_0 - l_g$, Segulviðnám (reluctance)

víddð $\mathcal{R}$ er (H^{-1})

$\mathcal{R}_g = \frac{l_g}{\mu_0 S}$

Φ í segulrásinni hefur sömu stöðu og I í rafrás, og μ hefur stöðu σ

Venjulega í járnseglandi efni tengjast $\bar{B}$ og $\bar{H}$ ólínulega (μ er ekki fasti ....) því þarf að skoða þannig verkefni betur.

En hægt er að skrifa „Kirchhoffs"-reglur fyrir segulrásir

$$\boxed{\sum_j N_j I_j = \sum_k \mathcal{R}_k \Phi_k}$$

um lokaðan veg í segulrás er summa ístraumanna jöfn summu margfeldis segulflæðanna og segulviðnámanna

$$\boxed{\sum_j \Phi_j = 0}$$

jafngildir $\bar{\nabla} \cdot \bar{B} = 0$

B-flæðið er varðveitt

Seglandi efni

$$\mu_r = 1 + \chi_m$$

Mótseglandi $\mu_r \lesssim 1$, $\chi_m \lesssim 0$, (diamagnetic)

Meðseglandi $\mu_r \gtrsim 1$, $\chi_m \gtrsim 0$, (Paramagnetic)

Járnseglandi $\mu_r >> 1$, $\chi_m >> 1$, (Ferromagnetic)

Seglun er stórsæ afleiðing skammtafræðinnar. Jafnvel mótseglun er ekki hægt að lýsa með sígildri aflfræði

Öll efni eru mótseglandi, en önnur hrif geta verið sterkari og falið hana

{ Járnseglun er vegna sterkrar skiptavíxlverkunar milli rafeinda }

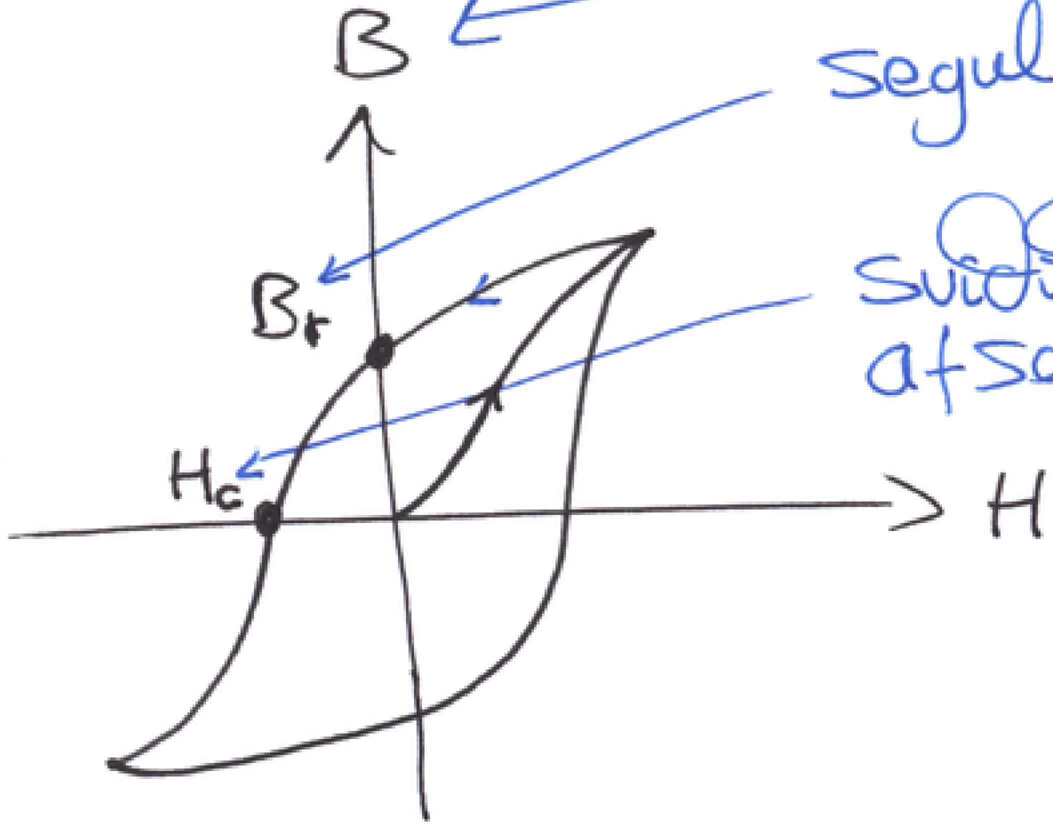
↳ óðul . . . .

segulheldni

segulflæðisviðið sem við mælum (heildarsviðið)

segulleifð

sviðið sem þarf t.þ.a. afsegla efnið



← ytrasegulsviðið

Til eru enn flóknari flokkar seglandi efnis. . . .

$\mu(H)$, $B = \mu(H)H$

$$\frac{\bar{B}}{\mu_0} = \bar{H} + \bar{M}$$

Jaðarstilyrði segulsviðs

$\overline{\nabla} \cdot \overline{B} = 0 \longrightarrow \boxed{B_{1n} = B_{2n}}$ viðskilflöt

$\oint_C \overline{H} \cdot d\overline{l} = I \longrightarrow \boxed{\hat{a}_{n2} \times (\overline{H}_1 - \overline{H}_2) = \overline{J}_s}$

yfirborðsstraumur

$\overline{J}_s \neq 0$ er nóstum einungis fyrir ofurleiðara og hugsaðan kjörleiðara með ofur góða leiðni ←

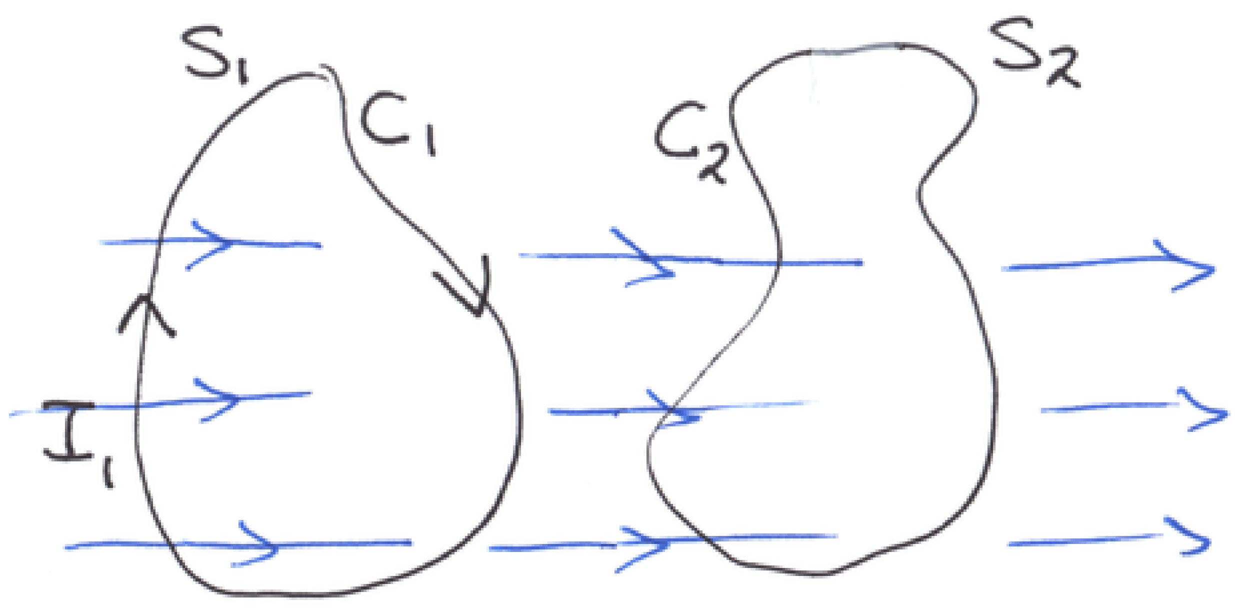
Gleymum ekki að við höfum lýst DoL M með yfirborðstraumi í stangarsegli

Ef $\overline{B}_1 = \mu_1 \overline{H}_1$ og $\overline{B}_2 = \mu_2 \overline{H}_2$ fæst

$$\mu_1 H_{1n} = \mu_2 H_{2n}$$

Span

Hugsum tvær straumlykkjur



I_1 leiðir til sviðs og flæðis í gegnum S_2

$$\Phi_{12} = \int_{S_2} \bar{B} \cdot d\bar{s}_2$$

Biot-Savart gefur að B_1 tengist I_1 línulega í tómarúmi

Setjum því

$$N_2 \Phi_{12} = L_{12} I_1$$

Fastinn L_{12} er kallaður <u>víxlspan</u>. Oft er skilgreind flæðistengsl (flux linkage)

$$\Lambda_{12} = N_2 \Phi_{12}$$

$$\rightarrow \quad \Lambda_{12} = L_{12} I_1$$

og því

$$\boxed{L_{12} = \frac{\Lambda_{12}}{I_1}}$$

Í flóknara efni verður að notast við

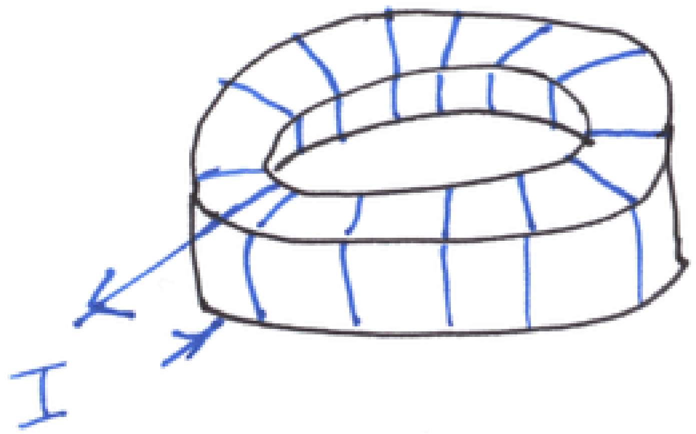
$$\boxed{L_{12} = \frac{d\lambda_{12}}{dI_1}}$$

Í hverri rás er einnig

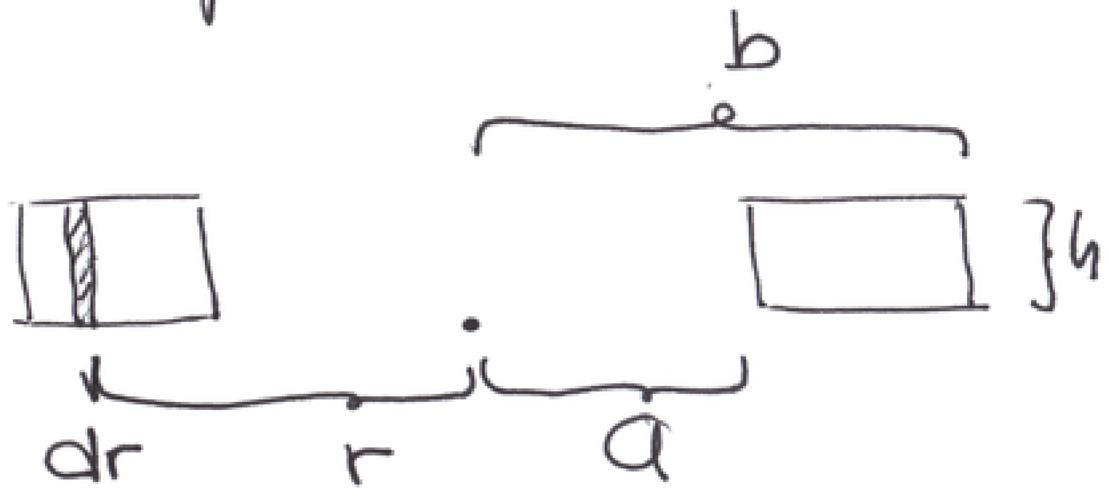
Sjálfspan

$$\boxed{L_{11} = \frac{d\lambda_{11}}{dI_1}}$$

Dæmi



þversnið



$$\bar{B} = \hat{a}_\phi B_\phi$$

$$d\bar{l} = \hat{a}_\phi r d\phi$$

B er fasti fyrir fast r, en breytist með r

$$\oint_C \bar{B} \cdot d\bar{l} = \int_0^{2\pi} B_\phi r d\phi = 2\pi r B_\phi$$

Nú gildir det

$$\oint_C \bar{B} \cdot d\bar{l} = \mu_0 N I$$

$$\rightarrow B_\phi = \frac{\mu_0 N I}{2\pi r}$$

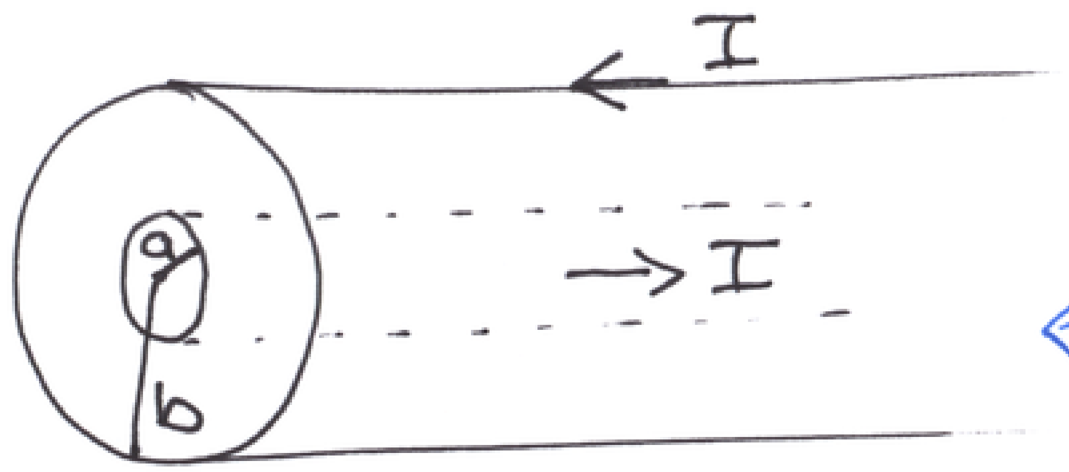
$$\Phi = \int_S \bar{B} \cdot d\bar{s} = \int_S \left(\hat{a}_\phi \frac{\mu_0 N I}{2\pi r}\right) \cdot \left(\hat{a}_\phi h \, dr\right)$$

$$= \frac{\mu_0 N I h}{2\pi} \int_a^b \frac{dr}{r} = \mu_0 \frac{N I h}{2\pi} \ln\left(\frac{b}{a}\right)$$

$$\Lambda = N\Phi = \mu_0 \frac{N^2 I h}{2\pi} \ln\left(\frac{b}{a}\right)$$

$$\rightarrow L = \frac{\Lambda}{I} = \frac{\mu_0 N^2 h}{2\pi} \ln\left(\frac{b}{a}\right)$$

Dæmi   samása kapall



innan innri leiðara $0 \le r \le a$

Reiknað áður

$$\bar{B}_1 = \hat{a}_\phi \frac{\mu_0 r I}{2\pi a^2}$$

$$\bar{J} = \frac{I}{\pi a^2} \hat{a}_z$$

gert ráð fyrir jafnri straumdreifingu

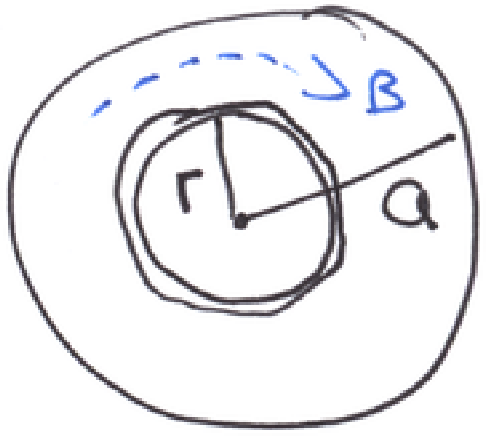
Milli leiðara $a \le r \le b$

$$\bar{B}_2 = \hat{a}_\phi \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

samhverfan (sívalnings) leiðir aðeins $\hat{a}_\phi$-þátt fyrir segulsviðið

flæðið

Í innri leiðara $0 \leq r \leq a$ hugsum við okkur þunnan hring með þykkt dr



flæðið inni í þessum hring á einingarlengd í z-stefnu er (milli r og $r+dr$)

$$d\Phi_1' = \frac{\mu_0 I r\,dr}{2\pi a^2}$$

Innan geislans r flytur aðeins hluti straumsins

$$I\left(\frac{r}{a}\right)^2$$

því eru flæðitengslin

$$d\Lambda_1' = \frac{\mu_0 I r\,dr}{2\pi a^2}\left(\frac{r}{a}\right)^2$$

og í heild fyrir innri leiðarann

$$\Lambda_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi a^4}\int_0^a r^3\,dr = \frac{\mu_0 I}{8\pi}$$

$$\rightarrow \boxed{L_1 = \frac{\Lambda_1}{I} = \frac{\mu_0}{8\pi}}$$

Sjálfspan eins leiðara óháð a!

Milli leiðara $a \le r \le b$

$$d\Phi_2' = \frac{\mu_0 I \, dr}{2\pi r}$$

$$\rightarrow \Lambda_2' = \frac{\mu_0 I}{2\pi}\int_a^b \frac{dr}{r} = \frac{\mu_0 I}{2\pi}\ln\left(\frac{b}{a}\right)$$

$$\rightarrow L_2' = \frac{\Lambda_2}{I} = \frac{\mu_0}{2\pi}\ln\left(\frac{b}{a}\right)$$

$$\boxed{L' = L_1' + L_2' = \frac{\mu_0}{2\pi}\left\{\frac{1}{4} + \ln\left(\frac{b}{a}\right)\right\}}$$

Síðar verður spanið fyrir þetta kerfi reiknað út frá orkunni í segulsviðinu.