

Saguforka

Ein ströumlykkja, ströumur
aukinn frá $0 \rightarrow I_1$

Vitum að lykkjan vinnur á
móti breytingunni með spennu

$$V_1 = L_1 \frac{di_1}{dt}$$

Vinnan sem framkvæma þarf

$$W_1 = \int V_1 i_1 dt = L_1 \int_0^{I_1} i_1 di_1$$

$$= \frac{1}{2} L_1 I_1^2$$

fyrir N -lykkjur fast

$$W_M = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N L_{jk} I_j I_k$$

Athugið hvort hægt sé
að tengja ortuna við
sagufloði svæðið í
stað strömsins um
rásina

{ Orkuna í þetti mátti hugsa
í svæðinu sem hvarf-
uppröðuninni }

Segulorka í sviði

Cheng sýnir að orkan í
segulflodisviði sé

$$W_m = \frac{1}{2} \int_{V'} \vec{H} \cdot \vec{B} dv'$$

og þú sé segulortupett-
líkinn

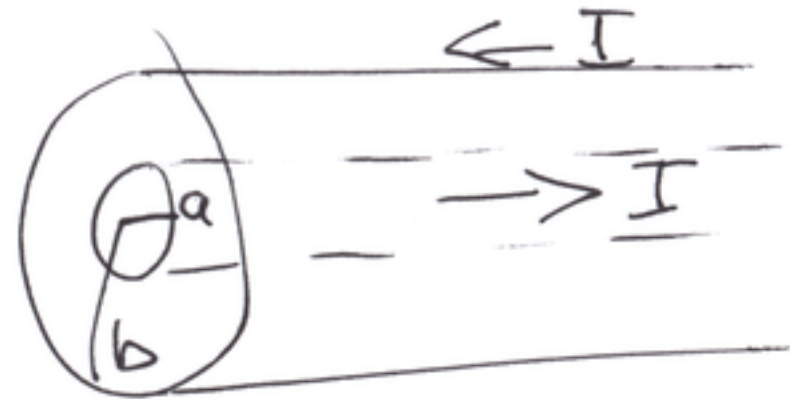
$$W_m = \frac{1}{2} \vec{H} \cdot \vec{B}$$

$$= \frac{B^2}{2\mu}$$

$$= \frac{1}{2} \mu H^2$$

Dæmi

Reiknum aftur L' fyrir
samása kapal án þess
að nota flodistengslin Λ .



$\vec{I}$ innri lúðranum

$$W'_m = \frac{1}{2\mu_0} \int_0^a B_{\phi 1}^2 2\pi r dr$$

$$= \frac{\mu_0 I^2}{4\pi a^4} \int_0^a r^3 dr = \frac{\mu_0 I^2}{16\pi}$$

milli leiðara

$$W_{m2} = \frac{1}{2\mu_0} \int_a^b B_{\phi 2}^2 2\pi r dr$$

$$= \frac{\mu_0 I^2}{4\pi} \ln\left(\frac{b}{a}\right)$$

almennt gildir $W_m = \frac{1}{2} L I^2$

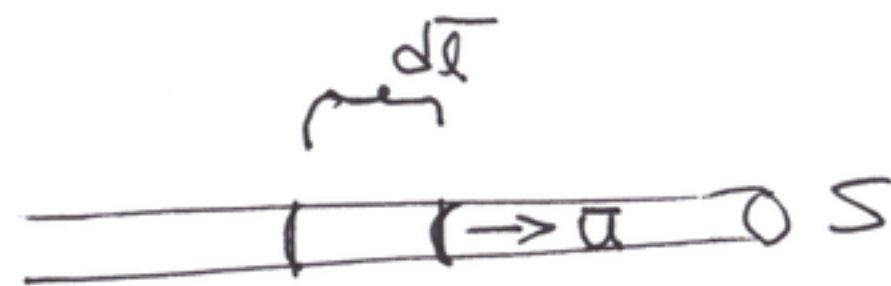
$$\rightarrow L = \frac{2}{I^2} (W_{m1} + W_{m2})$$

$$= \frac{\mu_0}{8\pi} + \frac{\mu_0}{2\pi} \ln\left(\frac{b}{a}\right)$$

Eins og áður, en á nýttu einfaldari hátt.

3

Kræftar og vægi milli strömbliðara



Lorentz Kræfturinn (segul hlutan)

$$\vec{F}_m = q \vec{u} \times \vec{B}$$

Verkar á eindir í leiðara

$$d\vec{F}_m = -neS d\vec{l} \vec{u} \times \vec{B}$$

$$= -neS \int d\vec{l} \times \vec{B}$$

n : þéttleiki einda

$d\vec{l}$ samstíða $\vec{u}$

$$I = -neS|\bar{u}|$$

$$\rightarrow d\bar{F}_m = I d\bar{l} \times \bar{B}$$

Segulkrafturinn lokada rás
C með streum í sviðinu B
er

$$\bar{F}_m = I \oint_C d\bar{l} \times \bar{B}$$

Þú 2 krafturinn milli
rásanna

$$\bar{F}_{21} = \frac{\mu_0}{4\pi} I_1 I_2 \oint_{C_1} \oint_{C_2} \frac{d\bar{l}_1 \times (d\bar{l}_2 \times \hat{a}_{R_{21}})}{R_{21}^2}$$

Tuor lokadar rásir



Kraftur á C_1 vegna segulsviðs
frá C_2 er

$$\bar{F}_{21} = I_1 \oint_{C_1} d\bar{l}_1 \times \bar{B}_{21}$$

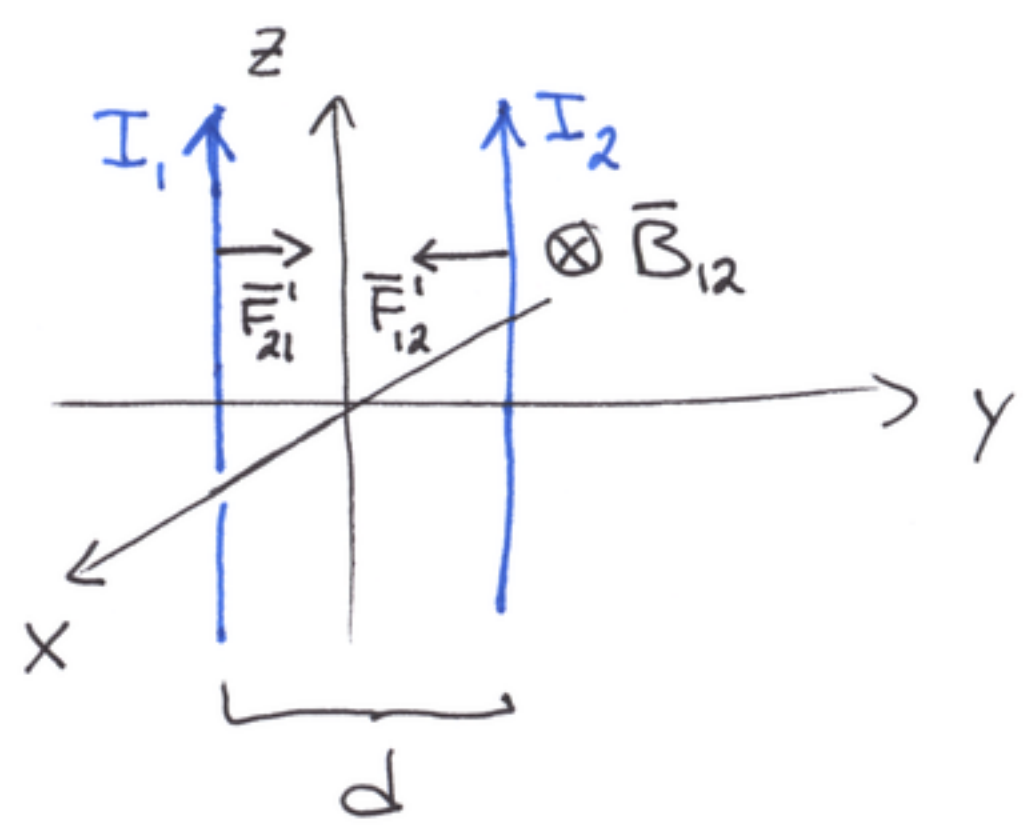
Biot-Savart

$$\bar{B}_{21} = \frac{\mu_0 I_2}{4\pi} \oint_{C_2} \frac{d\bar{l}_2 \times \hat{a}_{R_{21}}}{R_{21}^2}$$

Í bók er sýnt að

$\bar{F}_{21} = -\bar{F}_{12}$ eins
og verður að vera

Dæmi



Samsíða straum vírar í x-y-stöðu

Kraftur á vör 2 á lengdareiningu
vegna segulflóðis vör 1 við vör 2 frá
straum I_1 í vör 1

$$\vec{F}_{12}' = I_2(\hat{a}_z \times \vec{B}_{12})$$

Ampère reglan gefur

$$\vec{B}_{12} = -\hat{a}_x \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d}$$



$$\vec{F}_{12}' = -\hat{a}_y \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$$

Kraftur í átt hinnu
vörnum

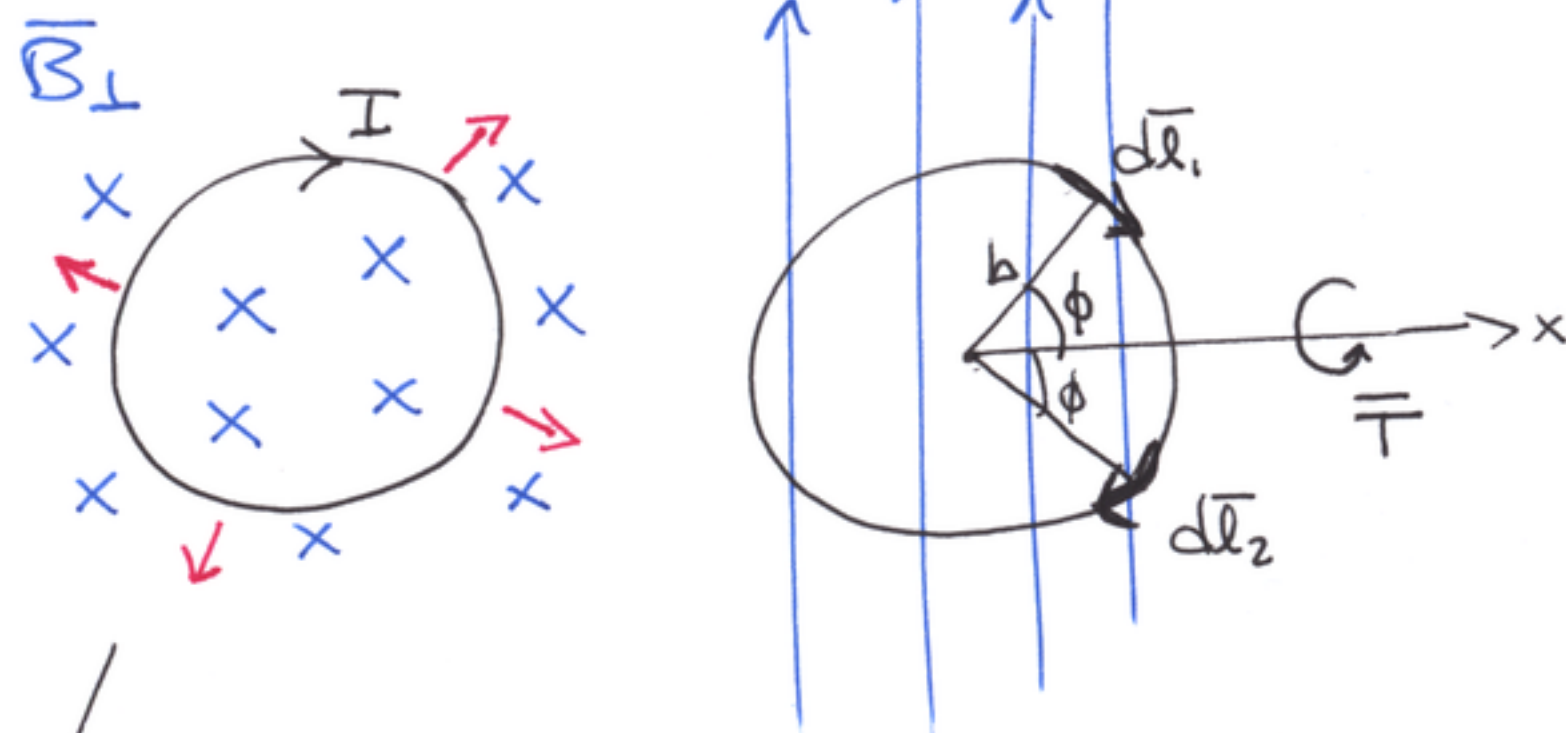
Samsíða straumar → adhráttarkraftur

Andsamsíða str. → fráhrúndikraftur

lykkja í föstu svæði

$$\vec{B} = \vec{B}_\perp + \vec{B}_\parallel \text{ miðað}$$

við lykkju



$\vec{B}_\parallel$ reynir að snúa lykkju

$$d\vec{T} = \hat{a}_x 2 (dF) b \sin \phi$$

$$= 2 \hat{a}_x (I d\ell B_\parallel \sin \phi) b \sin \phi$$

$$= \hat{a}_x 2 I b^2 B_\parallel \sin^2 \phi d\phi$$

$$\text{Ef } dF = |d\vec{F}_1| = |d\vec{F}_2|$$

$$|d\vec{l}_1| = |d\vec{l}_2| = b d\phi$$

$\vec{B}_\perp$ þenur lykkjuna út eða
ýfir saman

$$\begin{aligned} \vec{T} &= \int d\vec{T} = \hat{a}_x 2 I b^2 B_\parallel \int_0^\pi \sin^2 \phi d\phi \\ &= \hat{a}_x I (\pi b^2) B_\parallel \end{aligned}$$

Ef við skilgreinum segul-
tú skauts vegið

$$\bar{m} = \hat{a}_n I (\pi b^2) = \hat{a}_n I S$$

pá fast

$$T = \bar{m} \times \bar{B}$$

$$\left(\text{því } \bar{m} \times (\bar{B}_\perp + \bar{B}_\parallel) = \bar{m} \times \bar{B}_\parallel \right)$$

gildir aðeins í föstu einleitu
sviði

Kraftar reiknast
út frá orkuvörðveislu

Fast flæði

Kerfi rása. Húkum sínnar
rásar um dē (eðir ekki
til flæðisbreytingar →
engin orka flýtur til rásanna)

mekanísk vinna kerfisins

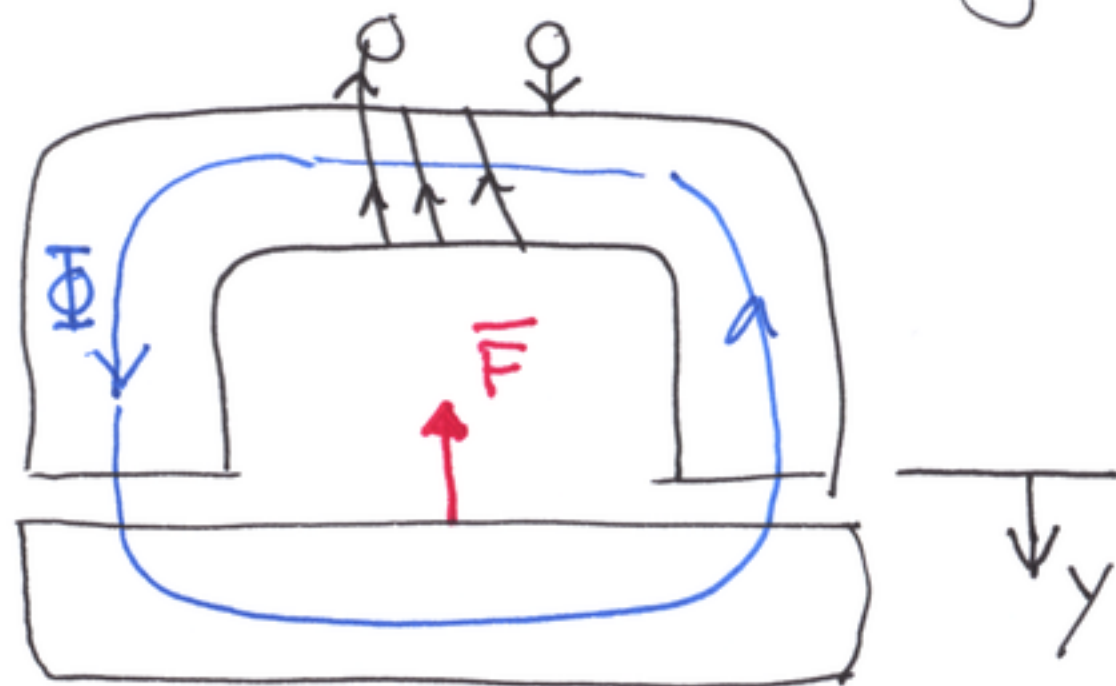
$$\bar{F}_\Phi \cdot d\bar{l} = -dW_m$$

$$= -(\nabla W_m) \cdot d\bar{l}$$

minskar orka þess

Dæmi Rafsegull

8



aukningeíl dy eykur
orku kerfisins um dW_m
(Φ er fasti)

$$dW_m = d(W_m)_{\text{geil}} = 2 \left(\frac{B^2}{2\mu_0} S dy \right)$$

$$= \frac{\Phi^2}{\mu_0 S} dy$$

$$\bar{F}_\Phi = \hat{a}_y (F_\Phi)_y = - \hat{a}_y \frac{\Phi^2}{\mu_0 S}$$

afdrættarkraftur

$$(\bar{F}_\Phi = - (\bar{\nabla} W_m) \cdot d\bar{l})$$

fastir straumar

$\bar{I}$ þessu tilfalli eru rásirnar tengdar við strauuvaka sem vinna gegn íspennum í kerfinu og leggja til orku.

$$dW_s = \sum_k I_k d\Phi_k$$

Þessi orka er jöfnu mekanísku vinnunni sem kerfið framkvæmir og viðbót í segulorku.

$$dW_s = dW + dW_m$$

$$dW_m = \frac{1}{2} \sum_k I_k d\Phi_k = \frac{1}{2} dW_s$$

því fast fyrir vinnu kerfis

$$dW = \bar{F}_I \cdot d\bar{\ell} = dW_m \\ = (\bar{\nabla} W_m) \cdot d\bar{\ell}$$

$$\rightarrow \boxed{\bar{F}_I = \bar{\nabla} W_m}$$

Endurveiknum seguldráms

10

$$W_m = \frac{1}{2} LI^2$$

$$\Phi = \frac{NI}{\mathcal{R}_c + \frac{2y}{\mu_0 S}}$$

seguldráms
kjörna

gæta

$$L = \frac{N\Phi}{I} = \frac{N^2}{\mathcal{R}_c + \frac{2y}{\mu_0 S}}$$

$$\vec{F}_I = \vec{\nabla} W_m = \frac{1}{2} \vec{\nabla} (LI^2)$$

$$= \hat{a}_y \frac{I^2}{2} \frac{dL}{dy} = -\hat{a}_y \frac{1}{\mu_0 S} \left(\frac{NI}{\mathcal{R}_c + \frac{2y}{\mu_0 S}} \right)^2 = -\hat{a}_y \frac{\Phi^2}{\mu_0 S}$$

Same svar og áður
fyrir kræftum!

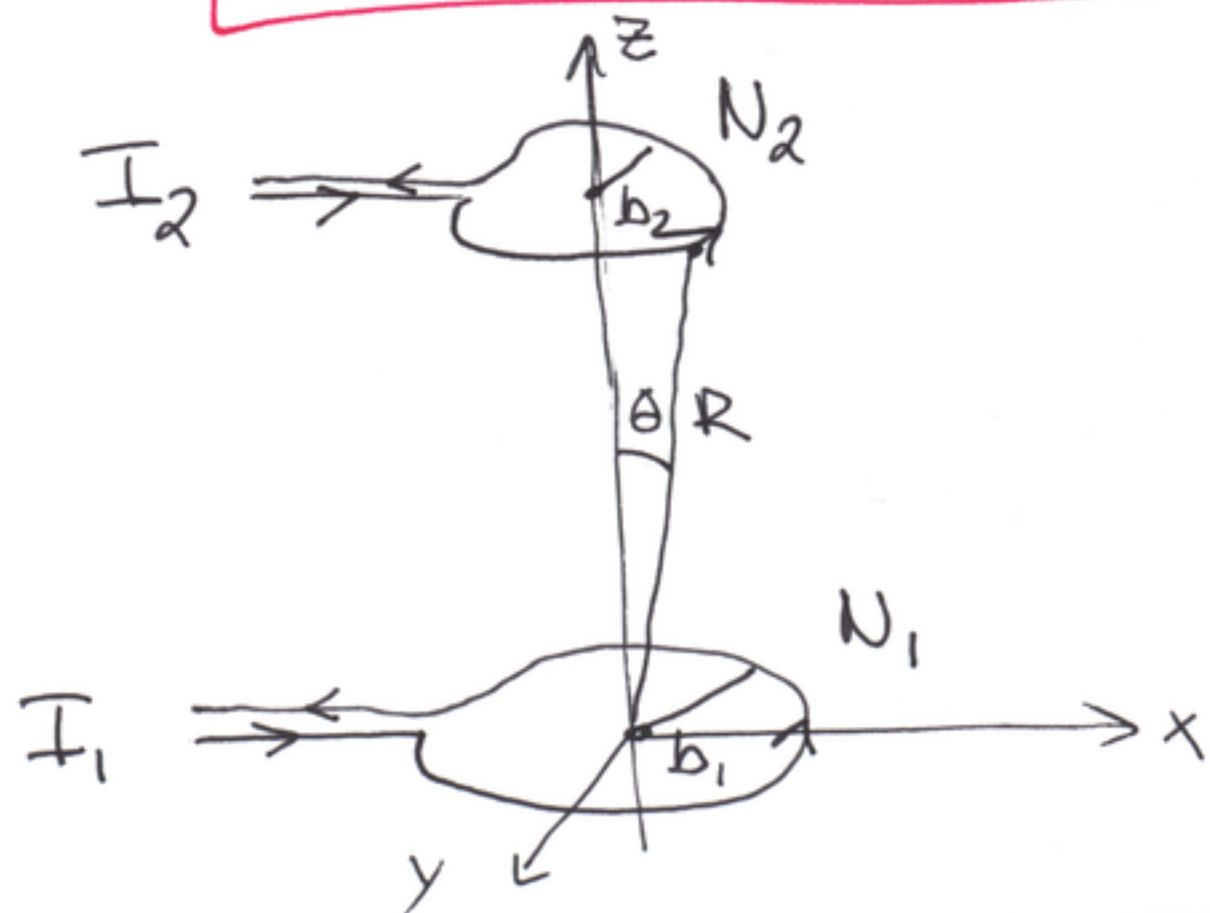
Kræftir frá vixlspani

Tvö lykkjur (spólar)

$$W_m = \frac{1}{2} L_1 I_1^2 + L_{12} I_1 I_2 + \frac{1}{2} L_2 I_2^2$$

fastur straumur

$$\vec{F}_I = I_1 I_2 \nabla L_{12}$$



i spólu 2

$$\vec{A}_{12} = \hat{a}_\phi \frac{\mu_0 N_1 I_1 b_1^2}{4R^2} \sin \theta$$

$$= \hat{a}_\phi \frac{\mu_0 N_1 I_1 b_1^2}{4R^2} \left(\frac{b_2}{R} \right)$$

$$= \hat{a}_\phi \frac{\mu_0 N_1 I_1 b_1^2 b_2}{4(z^2 + b_2^2)^{3/2}}$$

$$\Phi_{12} = \oint_{C_2} \vec{A}_{12} \cdot d\vec{\ell}_2$$

$$= \int_0^{2\pi} A_{12} b_2 d\phi$$

$$= \hat{a}_\phi \frac{\mu_0 N_1 I_1 b_1^2 b_2 \pi}{2(z^2 + b_2^2)^{3/2}}$$

$$L_{12} = \frac{N_2 \Phi_{12}}{I_1} = \frac{\mu_0 N_1 N_2 \pi b_1^2 b_2^2}{2(z^2 + b_2^2)^{3/2}}$$

$$\overline{F}_{12} = \hat{Q}_z I_2 I_1 \left. \frac{dL_{12}}{dz} \right|_{z=d} = -\hat{Q}_z I_1 I_2 \frac{3\mu_0 N_1 N_2 \pi b_1^2 b_2^2 d}{2(d^2 + b_2^2)^{5/2}}$$

$$\approx -\hat{Q}_z \frac{3\mu_0 m_1 m_2}{2\pi d^4} \quad \text{ef } d \gg b$$

ef

$$m_1 = N_1 I_1 \pi b_1^2$$

$$m_2 = N_2 I_2 \pi b_2^2$$