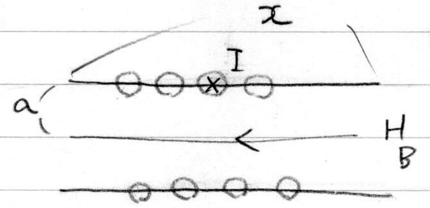
2.2



単位長辺りの巻数n, 半径aのコイルに
電流Iを流すと
一様磁場$H=nI$が生じる.

この磁場がもつ単位体積あたりのエネルギーは

$$u = \frac{1}{2}H\cdot B = \frac{1}{2}\mu_0 H^2 = \frac{\mu_0}{2}n^2 I^2$$

コイルの長さをxとし コイル全体の蓄えるエネルギーは

$$U = \pi a^2 x \cdot u = \frac{1}{2}\pi a^2 x \mu_0 n^2 I^2$$

ここでコイルの全巻き数Nとすると $N = nx$　　$n = \frac{N}{x}$ となり

$$U = \frac{\pi a^2 x \mu_0}{2}\frac{N^2}{x^2}I^2 = \underbrace{\frac{\pi a^2 \mu_0 N^2 I^2}{2}}_{=A\text{とおく}}\frac{1}{x}$$

ここでコイルの縮まろうとする力につりあわせる外力Fにより
コイルをΔxだけ引きのばすと.
Fのした仕事はコイルのエネルギーとして蓄えられるので

$$F\Delta x = U(x+\Delta x) - U(x)$$
$$= A\frac{1}{x+\Delta x} - A\frac{1}{x}$$
$$= A\frac{-\Delta x}{x^2\left(1+\frac{\Delta x}{x}\right)}$$
$$F = A\frac{-1}{x^2\left(1+\frac{\Delta x}{x}\right)}$$

$\Delta x \to 0$ とすると

$$F = -\frac{A}{x^2}$$
$$= -\frac{\pi a^2 \mu_0 N^2 I^2}{2}\frac{1}{x^2}$$
$$= -\frac{\pi a^2 \mu_0 n^2 I^2}{2}$$

∴ 縮まろうとする力は $\frac{\pi a^2 \mu_0 n^2 I^2}{2}$

(コイルの自己インダクタンス $L = \frac{\pi a^2 \mu_0 N^2}{x}$ を覚えてる人は
を覚えてる人は 電流Iの流れるコイルの蓄えるエネルギー $\frac{1}{2}LI^2 = U$より

$$F\Delta x = U(x+\Delta x) - U(x) = \frac{I^2}{2}\left(L(x+\Delta x) - L(x)\right)$$

としてもいっしょ)