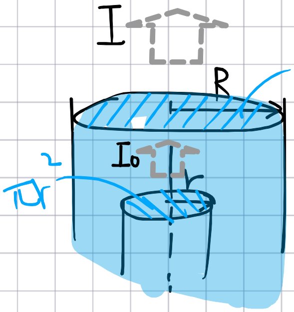
「解答」

(1). 半径rに流れる電流I_0は.

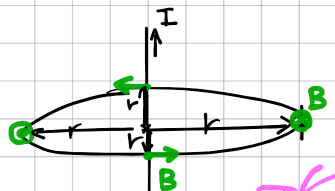


(題意より流れる電流は一様という事なので、面積比でok.)

$$\boxed{I_0 = \frac{\pi r^2}{\pi R^2}\times I = \frac{r^2}{R^2}I} \cdots(1)$$

代入

(2). 中心線からrの位置のB(磁束密度)は.



$\oint H dl = I$ (アンペアの周回積分)より

$$H\cdot 2\pi r = I_0$$

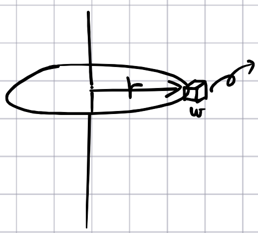
$$\boxed{H = \frac{I_0}{2\pi r} = \frac{1}{2\pi r}\cdot\frac{r^2}{R^2}I = \frac{rI}{2\pi R^2}}$$

またの機会に説明します。

代入

$$\boxed{B = \mu H \text{ より } = \frac{\mu r I}{2\pi R^2}} \cdots(2)$$

(3) 単位体積当りの磁気エネルギー w.



$$\boxed{w = \frac{1}{2}BH = \frac{1}{2}\left(\frac{\mu r I}{2\pi R^2}\right)\left(\frac{rI}{2\pi R^2}\right) = \frac{1}{8}\frac{\mu r^2 I^2}{\pi^2 R^4}} \cdots(3)$$

点 $\xrightarrow{\int^{2\pi}}$ 線
線 $\xrightarrow{\int^{R}}$ 面
面 $\xrightarrow{\int^{l}}$ 立体
3回積分します。

(4) 長さlの導体内に蓄えられる磁気エネルギー $\overline{W}$

$$\overline{W} = \int_0^l \int_0^R \int_0^{2\pi} w\cdot r d\theta\cdot dr\cdot dl$$

$$= \int_0^l \int_0^R \int_0^{2\pi} \frac{1}{8}\frac{\mu I^2 r^2}{\pi^2 R^4} r d\theta\cdot dr\cdot dl$$

1回目の積分 → 2π

(1周は2π)

$$= \frac{1}{8}\frac{\mu I^2}{\pi^2 R^4} 2\pi \int_0^l \int_0^R r^3 dr\cdot dl$$

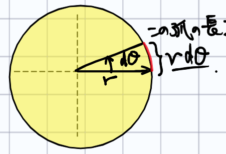
2回目の積分 → $\left[\frac{1}{4}r^4\right]_0^R = \frac{R^4}{4}$

$$= \frac{1}{8}\frac{\mu I^2}{\pi^2 R^4}\cdot 2\pi\frac{R^4}{4}\int_0^l dl$$

3回目の積分 → l

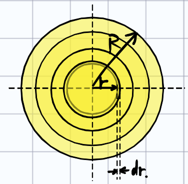
$$\boxed{= \frac{1}{16}\frac{\mu I^2}{\pi^2}\cdot l} \cdots(4)$$

① 弧を積分して、円周を求める



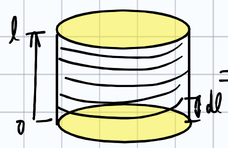
$\Rightarrow \int_0^{2\pi} r\cdot d\theta$

② 円周を積分して、面積を求める.



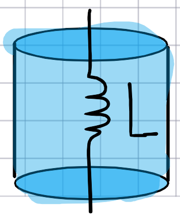
$\Rightarrow \int_0^R dr$

③ 面をZ軸方向へ積分して、体積を求める



$\Rightarrow \int_0^l dl$

(5) 内部インダクタンス L



$\boxed{\overline{W} = \frac{1}{2}LI^2}$ の公式より

等しいと置いて,

$$\Rightarrow \frac{1}{2}LI^2 = \frac{\mu I^2 l}{16\pi}$$

$$\boxed{L = \frac{\mu l}{8\pi}} \cdots(5)$$