

電磁気学 A (前田京剛) 過去問 第 4 問解答例

**[4] 電磁気学の用語の説明問題。**

(~2008 年度) 以下の事柄(6 つ)から 3 個を選択し、簡潔に (5 行程度が目安) 説明せよ。  
(2009 年度) 以下の事柄(3 つ)を、簡潔に(5 行程度が目安) 説明せよ。

毎年同じように出ている問題です。一昨年度までは 6 つ提示されたうちから 3 つを選んで答えれば良かったのですが、昨年度は既に 3 つの用語が指定されていました。先生が採点するの大変だったんでしょうかね。。まあ単純に考えると、昨年度の形式の方が難易度は上がっているのではないのでしょうか。逃げ道が無い的な意味で。今年度はどちらの形式になるかは、見当もつきません。どちらになっても対応できるようにしておいてください。

ひとまず、今僕の手元にある情報だけで、これまでに出了た問題をあげてみます。解答例に関しては、不完全なことも多いかと思しますので、各自脳内で補ってください。あくまで参考程度にとどめていただければ幸いです。

**[以下の事柄]** ()内は出了た年度。2004, 2005, 2008, 2009 年度を参考にしました。

- 1) 場のエネルギー (2009, 2008, 2005, 2004)
- 2) 分極と磁化 (2009, 2008, 2005, 2004)
- 3) 電磁波 (2009, 2008, 2005, 2004)
- 4) 静電ポテンシャル (2008, 2005, 2004)
- 5) 電磁誘導 (2008, 2005, 2004)
- 6) 変位電流 (2008, 2004)
- 7) インダクタンス (2005)

**[解答例]** (何書けばホントわかんない・・・無理やり文章にしちやった テハ)

1) 電場  $\mathbf{E}$  のある空間の静電場のエネルギー密度  $u_e$  は  $u_e = \frac{1}{2}\epsilon_0|\mathbf{E}|^2$  であり、磁場  $\mathbf{H}$  のある空間の磁場のエネルギー密度  $u_m$  は  $u_m = \frac{1}{2}\mu_0|\mathbf{H}|^2$  である。これらを積分することにより、エネルギーは得られる。電場や磁場には、電荷に対し仕事をする能力があり、これを場のエネルギーと解釈する。

2) 誘電体を電場の中に置くと、誘電体を構成する原子の原子核と電子の重心はそれぞれ逆向きに動き、各原子は分極する。誘電体の内部は分極した各原子の正電荷と負電荷で相殺されて電氣的に中性になるが、誘電体の表面には正負の分極電荷が生じる。これが分極という現象である。(電気双極子モーメントとか使った説明の方がいいかも)

磁化は、磁場中にある物質の磁気モーメントの向きが揃い、物質全体としておおきな磁氣的性質を示すようになることである。

3) 電磁波とは、電場 $\mathbf{E}$ と磁場 $\mathbf{H}$ の互いに直交する同形の波動が、光速  $c$  で伝播していく現象のことである。Maxwell 方程式から導かれる波動方程式を解くことによって、電磁波が速度  $c$  で進んでいくことがわかる。この解を Gauss の法則に代入することにより、電磁波が横波であることが導ける。また、Maxwell は「光は電磁波の一種」と推論し、のちに Hertz がそれを実証した。

4) 静電ポテンシャルとは、単位電荷の、静電気力による位置エネルギーのことである。クーロン場の渦なしを意味する  $\text{rot}\mathbf{E} = 0$  より、 $\text{rot}(\text{grad}\phi) \equiv 0$  をもとにして、静電ポテンシャルのスカラー関数  $\phi(x, y, z)$  が定義できる。 $\mathbf{E} = -\text{grad}\phi(x, y, z)$  より、 $\mathbf{E}$  が求まる。また、 $\phi$  にラプラシアン  $\Delta$  を施すことで、Poisson 方程式や Laplace 方程式を作ることができる。

5) 電磁誘導は、回路(コイル)を貫く磁束  $\Phi(\text{Wb})$  の時間的変化が回路に起電力を生じさせ、電流が生まれる現象のことである。誘導起電力は Lenz の法則より、これによって流れる誘導電流が作る磁場が磁束の変化を妨げる向きに生じる。これを定式化したものが、ファラデーの電磁誘導の法則の公式:  $V = -\frac{\partial\Phi}{\partial t}$  である。

6) Ampere の法則から導いた方程式の  $\text{rot}\mathbf{H} = \mathbf{j}$  だけでは、時間変化する電磁場の問題に対応できないので、Maxwell はこの式の右辺に新たに、変位電流の項  $\frac{\partial\mathbb{D}}{\partial t}$  を加えて一般化した。これにより Maxwell 方程式は完成した。(書くことが無い・・・)

7) インダクタンスは、回路の時間による電流変化に対する、誘導起電力の比を表わす定数のことである。巻線を貫く磁束が変化すると、巻線電流が磁束の変化を打ち消す方向に誘導起電力が発生する。この大きさ  $V$  は、 $V = -N\frac{d\phi}{dt} = -L\frac{dI}{dt}$  であり、この  $L$  が自己インダクタンスである。磁氣的に結合された 2 つの巻線の一方の電流を変化させることで、もう一方の巻線に誘導起電力を生じさせる相互誘導では、 $V_{21} = -M_{21}\frac{dI_1}{dt}$ 、 $V_{12} = -M_{12}\frac{dI_2}{dt}$  となり、 $M$  が相互インダクタンスである。また、相互インダクタンスの相反定理として、 $M_{12} = M_{21}$  が成り立つ。

[以上]

全然未完成なので、改善点などありましたら、教えてください。。。。。