

電磁気学 II 定期試験問題

以下の問 I ~ 問 IV は全て真空中 ($\varepsilon = \varepsilon_0$ 、 $\mu = \mu_0$) の場合である。

1 枚目の解答用紙には問 I の解答を記し、2 枚目の解答用紙には問 II の解答を記し...とせよ。
原則として解答用紙の表面のみ使用し、裏面を使う場合はその旨を記すこと。

問 I (I - 1) (I - 2) のうちいずれか一つを選び解答せよ。(25 点)

(I - 1) 右図に示した回路で発生する起電力はいくらか。 (この位置に教科書 212p の図がある)
角速度 ω は一定であり、磁束密度 B は空間的に一様で時間変化はないものとする。

良くできていたが、正負の符号のミスや、起電力 ϕ が $-\frac{d\Phi}{dt}$ として表わされることが全く言及されていない、いわゆる式のみでの解答は減点した。

(I - 2) 半径 a の中空の円筒状導体に電流 I が流れている。円筒はまっすぐで長さは無限大であるとして、発生する磁束密度を積分型アンペールの法則を用いて計算せよ。

これも教科書の例題。この問題も良くできていたが“中空の円筒状導体”とわざわざ書いているのにも関わらず、相変わらず「(中身の詰まった)半径 a の導線」として解答した人が多かった。

問 II (II - 1) (II - 2) のうちいずれか一つを選び解答せよ。(25 点)

(II - 1) 無限に長い直線状同軸ケーブルの芯線(内側の導線)とシールド(外側の円筒状導体部)にそれぞれ同じ大きさで逆向きの電流を流した際の、単位長さあたりの自己インダクタンスを求めよ。芯線の半径を a 、シールドの半径を b とする ($a < b$)。

実はこれは応用問題(そうでなければ、ほとんど I - 2 と同レベルのものになってしまう)。答えは $L = \left\{ \frac{1}{4} + \ln\left(\frac{b}{a}\right) \right\} \frac{\mu_0}{2\pi}$ 。上位 10%位の人は出来るだろうと思って出したけど、完全に出来たのは 70 数名中 2 名ほど。

(II - 2) マクスウェルの方程式には電荷の保存則が含まれていることを示せ。

講義でも行った内容。教科書では 197p あたりに書かれている。

問 III ベクトル・ポテンシャル $\vec{A} = (a \sin(kz - \omega t), 0, 0)$ 、(かつスカラー・ポテンシャル $\phi = 0$) が生み出す電磁場とはどのようなものか、計算して示せ。またこの電磁場の単位体積あたりの平均エネルギー

ギ-が $\frac{a^2 k^2}{2\mu_0}$ [J/m^3] となることを示せ。またポインティング・ベクトルはどうなるか。ただし $\omega = ck$

である (c は真空中の光速)。(25 点)

講義そのままの問題。磁束密度とそのエネルギーは計算していても、電場の方を全く計算していない人が多かった。静電場の際の $E = -\text{grad}\phi$ 、が頭にこびりついている人が少なくないということであろうか。

問 IV 時間変化の無い場合のベクトル・ポテンシャル $\vec{A}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{\vec{i}(\vec{r}')dV'}{|\vec{r} - \vec{r}'|}$ を用いて、ビオ・サ

バルの法則 $\vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{\vec{i}(\vec{r}') \times (\vec{r} - \vec{r}')dV'}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3}$ を求めよ。(25 点)

これも講義そのままの問題。
ベクトル・ポテンシャルの回転 (rot) が磁束密度である、
rot の定義が正しく書けている、

$\frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}'|}$ の微分が出来ている、等に応じて 5 点単位で部分点を与えていった。 $\frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}'|}$ の微分が出来な

い人も結構多かった。物理以前の問題。

以上