慶應義塾大学試験問題（日吉）

試験時間 50分

2007年1月26日(金) 6時限施行		学門(学科) 2 ; 1 年 7 組; 出席番号 23 番	
担当者名	小原，神成，高野、日向	学籍番号	6 0 6 1 7 7 3 9
科目名	物理学D	氏名	野口 健太
指示事項	持込　不可	答案用紙　回収 要　→　指定答案用紙を使用のこと	
		問題用紙　回収　不要	計算用紙　不要

注意：とくに指示がない場合、答案には結果のみならず、それを導いた過程についても簡単に記すこと。また、万一与えられた条件だけでは解けない場合には、適当な量を定義したり，条件を明記した上で解いてよい。ただし、真空の誘電率 ε_0、透磁率 μ_0、光速 c の記号は断りなしに使ってよい。各小問の配点は10点である。

$\mathrm{rot}\,B = \mu_0 i + \mu_0\varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t}$　$\mathrm{div}\,B = 0$　$i_d = \varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t}$

$\mathrm{rot}\,E = -\frac{\partial B}{\partial t}$　$\mathrm{div}\,E = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$　$\Delta\phi = -\frac{\rho}{\varepsilon_0}$

[I] 以下の問に答えなさい。

(1)　電位 $\phi(\boldsymbol{r})$ と電荷密度 $\rho(\boldsymbol{r})$ の間に成り立つポアソン方程式、ならびに電位と電界ベクトル $\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r})$ の間に成り立つ関係式を記しなさい。(導く必要はない。)

$E = -\mathrm{grad}\,\phi$　$\mathrm{div}(\mathrm{grad}\,\phi) = -\frac{\rho}{\varepsilon_0}$

(2)　$r = \sqrt{x^2+y^2+z^2}$ とし、a および λ は定数であるとして、
$r \leq a$ では $\phi = \lambda(x^2+y^2+z^2)$ であり、$r \geq a$ では $\phi = \lambda a^3/r$ であるとする。
このとき電荷密度および全電荷を求めなさい。

$\frac{\lambda}{a^3} \cdot \frac{1}{r} dx \cdot \frac{\lambda}{a^3} \cdot x \cdot \frac{dr}{r} \frac{dx}{dr}$　$-\frac{1}{r^2} \frac{x}{r}$

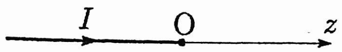
[II]　図(a)のように z 軸に沿って、$z = -\infty$ から一定電流 I が座標原点Oにある電荷溜りに流れ込んでいる。図(b)では、z 軸上の点A ($z = a > 0$) から同じ量の電流 I が $z = \infty$ に流れ出ている。

(1)　図(a)の場合に位置ベクトル $\boldsymbol{r}$ での変位電流を求めなさい。これよりOを中心とする半径 r の球面を通過する全変位電流を求めなさい。

(2)　図(b)の場合を考える。同時刻では点Oと点Aにある電荷は符号が反対で大きさが同じであるとする。このとき解答欄の図の指定した点1, 2, 3, 4, 5でのポインティングベクトルの方向を矢印 ($\rightarrow$, $\odot$, $\otimes$) などを用いて描きなさい。

$\left(\frac{x}{r^3}\right)$

$\frac{\partial^2 x}{\partial r^2} \frac{\lambda a^3}{r}$



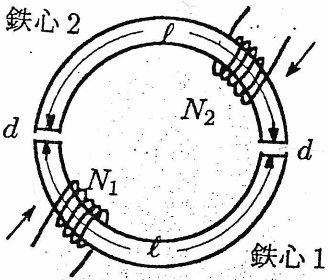
図(a)

図(b)

$= \lambda a^3 \cdot \frac{\partial}{\partial r}$

$\frac{\partial^2}{\partial x^2} \frac{1}{r} =$

[III] 図のように長さℓ、断面積S、透磁率μの強磁性体の鉄心2個から作った円環状の電磁石がある。この間には幅dの空気間隔があいている。鉄心1にはN_1回コイルが、鉄心2にはN_2回コイルが巻いてある。磁力線のゆがみは無視できるものとする．また空気の透磁率は真空と同じと考えてよい。



(1) コイル1とコイル2にそれぞれ同じ大きさの電流Iを、図に示す矢印の方向に流した。2つの空気間隔でできる磁束密度の大きさを求めなさい。

(2) この2つのコイルの間の相互インダクタンスを求めなさい。（相互インダクタンスとは一方のコイルに電流を流したとき、他方のコイルを貫く磁束の総量を、流した電流で割った量であることを思い出そう。）

$\Phi_{12}=L_{12}I$ $\quad \frac{\Phi}{I}$ $L_{12}=L_{21}=\frac{\Phi_{21}}{I}$ $\quad \Phi_{21}=BS$

$\Phi_{21}=L_{21}I_1$

IV] 図 (c) に示すように半径aの球面の電極のまわりに、半径bまで誘電率εの誘電体が囲んでいる。図 (d) では、その外に共通の中心を持つ半径cの球面の電極が囲んでいる。両方の場合に中心からの距離をrと記す。

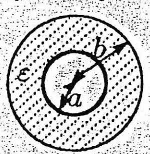


図 (c)

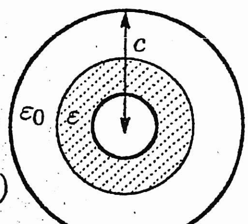


図 (d)

(1) 図 (c) において、真ん中の球面電極に電荷Qを与えた。このとき中心からの距離r, ($a \leq r \leq b$) における、電界$\boldsymbol{E}$および電束密度$\boldsymbol{D}$の大きさを求めなさい。さらに誘電体の$r=b$の表面に現れる分極電荷の総量を求めなさい。

(2) 図 (d) はコンデンサーと考えることができる。これの電気容量を求めなさい。

$u = b: \chi E \quad = D-(\varepsilon_0-\varepsilon)E$

$D=\cancel{\chi_0}E+P$ $\qquad Q=CV$

$=\mu_0E+\chi E$

$=\mu_0E(1+\bar{\chi})$

$=\mu_0\bar{\mu}E$

$=\mu E$