

問題 7 電磁気学 (100 点)

以下の問い(問1~問4)に答えよ。

問1 静電ポテンシャル ϕ が以下の式 (i)~(iii)で与えられるとき、電場 E_x, E_y, E_z を求めよ。
ただし、 $r = (x^2 + y^2 + z^2)^{1/2}$ 。また、 A は定数である。

(i) $\phi(x, y, z) = A(x^2 + y^2 + z^2)$

(ii) $\phi(x, y, z) = A(xy + yz + zx)$

(iii) $\phi(r) = A/r^3$

問2 真空中で図1のように中心 o 、半径 a の導体球を内半径 b 、外半径 c ($a < b < c$)の球殻の導体が囲んでいる。真空中での誘電率を ϵ_0 として、以下の設問(1)~(4)に答えよ。解答用紙には途中計算も記せ。

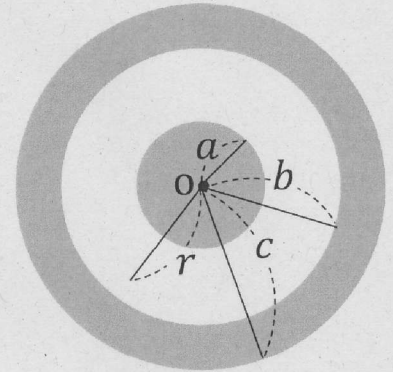


図1

(1) 外側の球殻のみに電荷 Q を与えた場合、球殻の外側

($r > c$)での電場 $\mathbf{E}(r)$ と無限遠を基準とした静電ポテンシャル $\phi(r)$ を求めよ。

(2) (1)の場合、球と球殻間の半径 r ($a < r < b$)での電場 $\mathbf{E}(r)$ と無限遠を基準とした静電ポテンシャル $\phi(r)$ を求めよ。

(3) 内側の球に電荷 Q_1 、外側の球殻に電荷 Q_2 を与えた場合、球と球殻間の半径 r ($a < r < b$)の電場 $\mathbf{E}(r)$ を求めよ。

(4) (3)の場合、半径 r ($a < r < b$)での無限遠を基準とした静電ポテンシャル $\phi(r)$ を求めよ。

問3 次の文を読んで、設問(1), (2)に答えよ。

図2のように z 軸に対して軸対称で時間と共に増加する z 軸に平行な磁場を考える。また、 z 軸に垂直な面上で中心に原点 o がある半径 R の円軌道上を電子が図2のように運動しているとする。ここで、 R は定数である。

(1) 電子が半径 R を保ったまま加速する条件を、半径 R の円の内部の磁束 $\Phi(R, t)$ と半径 R における磁束密度 $\mathbf{B}(R, t)$ と R を用いて記述せよ。解答用紙には途中計算も記せ。

(2) 条件(1)が成り立つとき半径 R の磁束密度 $\mathbf{B}(R, t)$ は半径 R 内の面積で平均した磁束密度 $\bar{\mathbf{B}}(R, t)$ とどのような関係にあるか記述せよ。

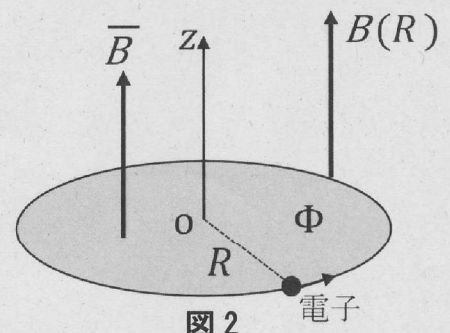


図2

(次ページに続く)