

平成30年度弁理士試験論文式筆記試験問題

[電磁気学]

- 1 図1のように、真空中に半径 a の導体球 I と、内半径 $2a$ 、外半径 $3a$ の同心導体球殻 II がある。ここで、導体球 I と同心導体球殻 II の中心は一致している。導体球 I に電荷量 Q ($Q > 0$) を、導体球殻 II に電荷量 $3Q$ を与えた。導体球 I の中心からの距離を r 、真空の誘電率を ϵ_0 として、以下の問いに答えよ。

【35点】

- (1) $0 \leq r < a$ 、 $a < r < 2a$ 、 $2a < r < 3a$ 、 $3a < r$ の各領域における電界の大きさ $E(r)$ を求めよ。
- (2) 縦軸を $E(r)$ 、横軸を r として $E(r)$ の概形をグラフに描け。
- (3) 導体球殻 II の外側表面 ($r = 3a$) に現れる電荷量を求めよ。
- (4) $0 \leq r < a$ 、 $a \leq r < 2a$ 、 $2a \leq r < 3a$ 、 $3a \leq r$ の各領域における電位 $V(r)$ を求めよ。ただし、無限遠における電位を $V(\infty) = 0$ とする。
- (5) 縦軸を $V(r)$ 、横軸を r として $V(r)$ の概形をグラフに描け。

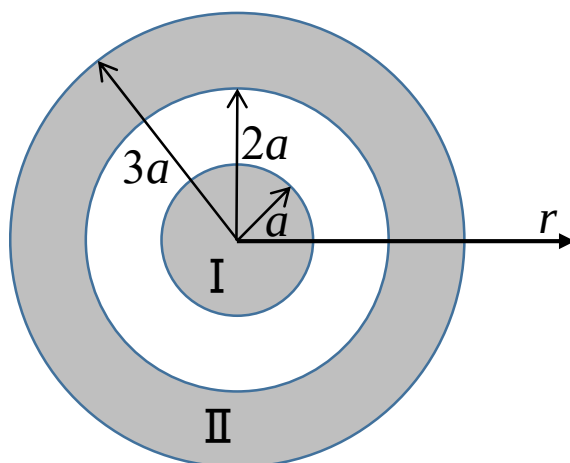


図1

- 2 真空中において、導線を流れる定常電流が作る静磁場に関する以下の問いに答えよ。
 導線の太さは無視できる。真空の透磁率を μ_0 とする。必要があれば、微小電流 $I d\vec{s}$ (電流の大きさ I 、電流の流れる方向と長さを表す微小ベクトル $d\vec{s}$) がベクトル $\vec{r}$ だけ離れた点に作る微小な磁束密度は、 $d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^2} d\vec{s} \times \frac{\vec{r}}{r}$ で与えられることを用いよ。

【30点】

図2のように、半径 a の真円形の環状導線に電流 I が流れている。

- (1) 円の中心 O における磁束密度の大きさを求めよ。
- (2) 円の中心軸上で円の中心 O から d だけ離れた点における磁束密度の大きさを求めよ。

図3のように、半径 a の同じ真円形の2つの環状導線を、中心軸を共通にして平行に置く。2つの導線の間隔は $2b$ である。2つの環状導線の中心間の中点を M とする。同じ向きに電流 I が流れている。

- (3) 中点 M における磁束密度の大きさを求めよ。
- (4) 中心軸上で中点 M から x だけ離れた点における磁束密度の大きさを求めよ。

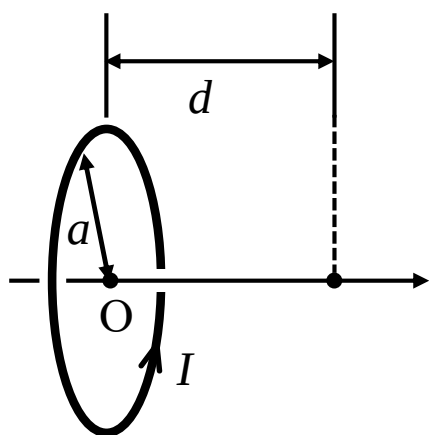


図2

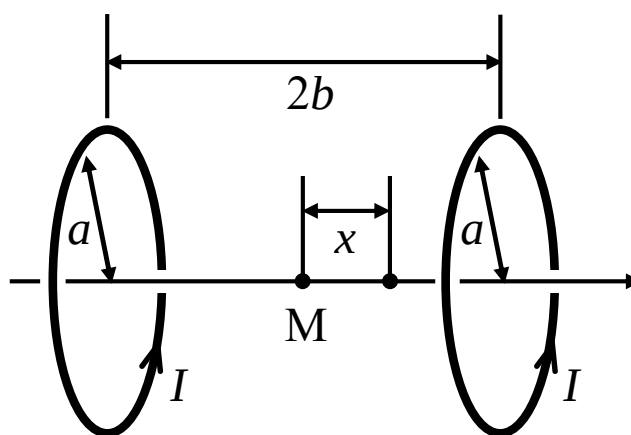


図3

3 図4のように、真空の xyz 空間において、電荷 q ($q > 0$) をもつ質量 m の粒子を一様磁場中に射出した。射出の初速度は光速よりも十分小さいものとする。一様磁場は z 方向の正の向きにかかっており、その磁束密度の大きさは B である。

【35点】

- (1) 初速度 $(v_x, v_y, v_z) = (v_0, 0, v_1)$ ($v_0 > 0$ 、 $v_1 > 0$) で射出された直後に、粒子が磁場から受ける力の向きと大きさを答えよ。
- (2) 初速度 $(v_x, v_y, v_z) = (v_0, 0, v_1)$ ($v_0 > 0$ 、 $v_1 > 0$) で射出された粒子は、螺旋運動する。螺旋運動の1周期の時間 T_p を求めよ。ここで、螺旋運動の1周期の時間とは、 x - y 面に射影した等速円運動の1周期の時間とする。
- (3) (2) で求めた時間 T_p の間に粒子が z 軸方向に進む距離を求めよ。
- (4) 初速度を $(v_x, v_y, v_z) = (2v_0, 0, v_1)$ ($v_0 > 0$ 、 $v_1 > 0$) とした。螺旋運動の1周期の間に粒子が z 軸方向に進む距離を求めよ。
- (5) 磁束密度の大きさ B を 1.0 T (テスラ)、粒子の電荷を $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ (クーロン)、粒子の質量を $m = 1.6 \times 10^{-27} \text{ kg}$ としたとき、(4) で求めた距離が $3.1 \times 10^{-3} \text{ m}$ となるための v_1 を求めよ。

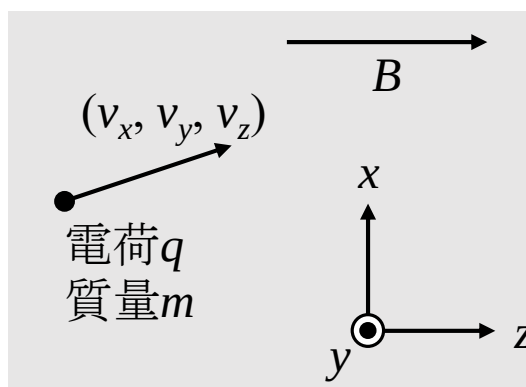


図4