

科目：電磁気学

注意：特に断りのない限り媒質は真空とし、真空中の誘電率を ϵ_0 、真空中の透磁率を μ_0 とする。全ての問題において計算過程は明確に示し、式の羅列だけでなく文章で導出過程に分かりやすい説明を加えること。また、答えに単位が必要な箇所は必ず明記すること。

問1 図のように、一様な線密度 λ [C/m]で、長さ a [m]の細い棒がある。棒から b [m]離れた点 P に点電荷 Q [C]を置く。ここで真空の誘電率は ϵ_0 [F/m]とする。(計 25 点)

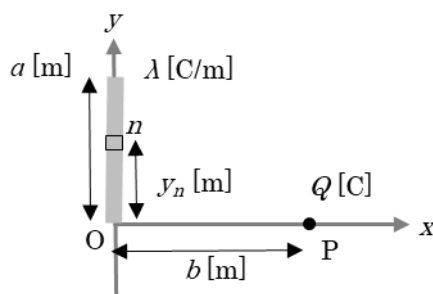


図 1

- (1-1) 図 1 のように、棒を N 等分し、 n 番目の素片の電荷（点 O からの距離 y_n [m]）が、点 P の点電荷に与える力を考える。各素片の長さを Δy [m]とすると、 n 番目の素片が、点電荷に与える力 f の x 成分と y 成分を求めよ。(10 点)
- (1-2) (1-1) で、棒全体が点 P の点電荷に与える力の x 成分を、和の記号を用いて表せ。(5 点)
- (1-3) (1-2) で、 $a = b$ とし、 $N \rightarrow \infty$ のとき、棒が点電荷に与える力の x 成分 F_x を求めよ。最終解答には、 a を使用しないこと。(10 点)

令和8年度 創造工学専攻 学力検査問題

問2 空間電荷密度 ρ [C/m³]をもった半径 a [m]の球がある。 ρ は球の中心からの距離 r の関数とする。以下の問いに答えよ。ここで真空の誘電率は ϵ_0 [F/m]とする。(計 25 点)

(2-1) 電荷密度 $\rho(r) = \rho_0$ (定数) とするとき、半径 a の球面を貫く電気力線の本数を求めよ。(5 点)

(2-2) (2-1) で、半径 a [m]の内側 ($r < a$) で、生じる電場 E を求めよ。(10 点)

(2-3) 電荷密度 $\rho(r) = \rho_0 \left(1 - \frac{r}{a}\right)$ とするとき、半径 a [m]の内側 ($r < a$) と外側 ($r > a$) で、生じる電場 E を各々求めよ。(10 点)

令和8年度 創造工学専攻 学力検査問題

- 問3 図2に示すように xyz 直交座標系において、原点 O を中心とする半径 r の円形電流 I が xy 平面内にある。円形電流 I が点 $P(0,0,h)$ につくる磁束密度 B の向きと大きさを導出せよ。ただし $h > 0$ とする。
(10 点)

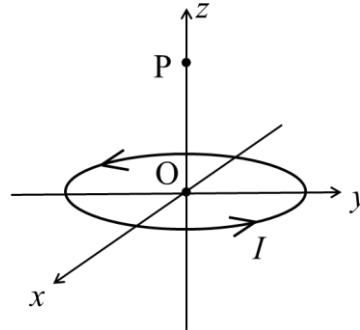


図 2.

- 問4 問3で考えた図2に示すような半径 r [m]の円形電流 I [A]がその中心 O の位置に作る磁束密度 B を以下の手順に従って求めよ。(計 20 点)
- (4-1) 図3に示すような長さ l [m]の直線電流 I [A]が流れているとき、直線電流 I から距離 r [m]の点 P に発生する磁束密度 B の大きさが $B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} (\cos \alpha + \cos \beta)$ で求められる。このことを用いて内心から各辺への距離 r [m]である正三角形の内心にできる磁束密度 B の大きさを求めよ。(5 点)

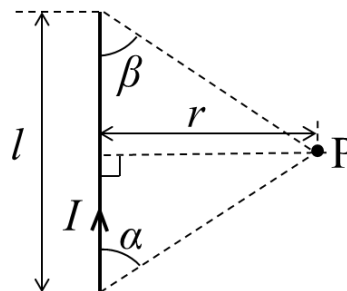


図 3.

- (4-2) (4-1) の結果を正 n 角形の場合に一般化せよ。ただし、 n は3以上の整数、 r は定数とする。(5 点)
- (4-3) (4-2) で求めた正 n 角形に対して $n \rightarrow \infty$ の極限を考えると正 n 角形は幾何学的に円となる。このことを用いて正 n 角形の辺上に流れる電流 I が内心につくる磁束密度 B の n を無限大にする極限から円形電流 I がその中心 O につくる磁束密度を求めよ。(10 点)

令和8年度 創造工学専攻 学力検査問題

問5 平等磁界 H [A/m]が存在する空間において、質量 m [kg]、電荷 e [C]の電子1つが初速度 v_0 [m/s]で平等磁界 H と垂直な方向に運動を始めた。その後、電子は等速円運動をした。このとき、円運動の角速度 ω と回転半径 r を求めよ。(10点)

問6 図4に示すような巻き数 N 、鉄心の比透磁率 μ_r 、平均経路長 l [m]、断面積 S [m²]の円環ソレノイドコイルがある。このとき以下の問に答えよ。ただしコイルが発生する磁束は全て鉄心内に一様に存在し、漏れ磁束は存在しないものとする。(計10点)

(6-1) 円形ソレノイドコイルの自己インダクタンス L を導出せよ。(5点)

(6-2) 円形ソレノイドコイルの端子aから電流 $i(t) = I_0(1 - e^{-at})$ [A]を流入した。このとき円形ソレノイドコイルの端子間に発生する誘導起電力 v の向きと大きさを求めよ。ただし I_0, a は正の実定数であり、 t [s]は電流を流し始めてからの時間とする。(5点)

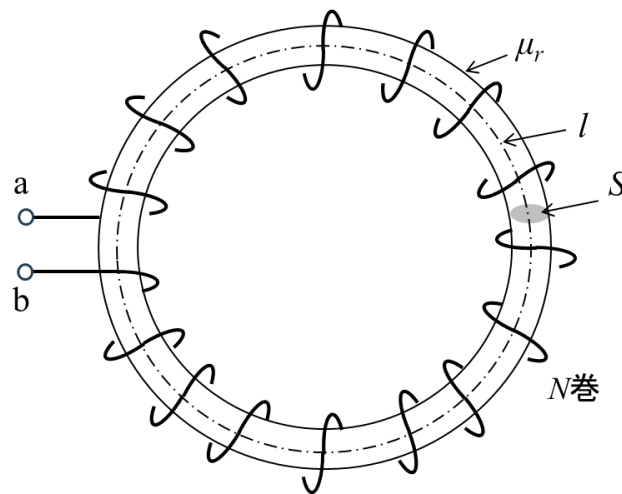


図4.