

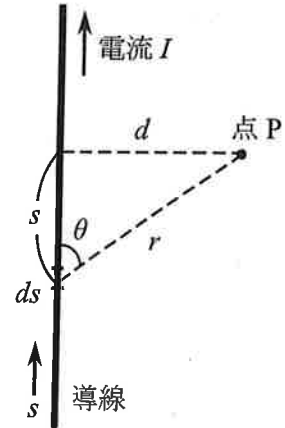
令和4年度専攻科入学者選抜学力検査問題

電気磁気学

注 意 事 項

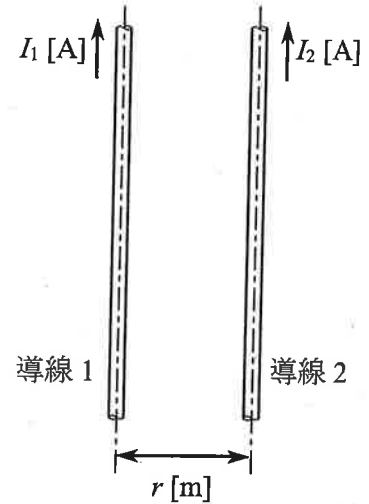
- 1 検査開始の合図があるまで、この検査問題を開いてはならない。
- 2 検査問題は7枚、解答用紙は7枚である。検査開始の合図があってから確かめること。
- 3 検査開始の合図があったら、まず、解答用紙の各ページに受験番号・氏名を記入すること。
- 4 文字などの印刷に不鮮明な箇所があったときは、手を挙げて監督者に知らせること。

【問題 1】右図に示すように、電流 I [A] が流れている無限に長い直線状導体から距離 d [m] はなれた点を P ， P 点から導線におろした垂線の足を原点 O ， O から導線に沿って任意の長さ s [m] の位置にある導線の微小な長さを ds [m] とする．また ds から P 点までの距離を r [m]，導線と r との間の角を θ および真空中の透磁率を μ_0 とする．以下の各問いに答えよ．（各 5 点，計 20 点）

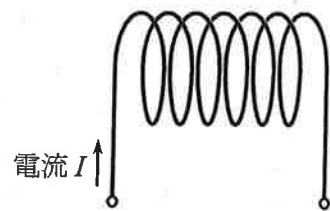


- 問 1 導線の ds の部分の電流によって P 点に生じる磁界の磁束密度 dB は，ビオ・サバールの法則より，電流の大きさ I ，導線と r とのなす角 θ の正弦，微小長さ ds の積に比例し，距離 r の二乗に反比例する．比例定数を $\mu_0/4\pi$ として， dB を式であらわせ．
- 問 2 点 P に生ずる磁束密度の向きについて説明せよ．
- 問 3 磁束密度の値 dB [T] が最小および最大となるのは， θ がそれぞれ何度の場合か求めよ．
- 問 4 全導線の電流によって P 点に生じる磁界の磁束密度 B を，問 1 の dB の値について $s = -\infty$ から $s = +\infty$ まで積分して求めよ．

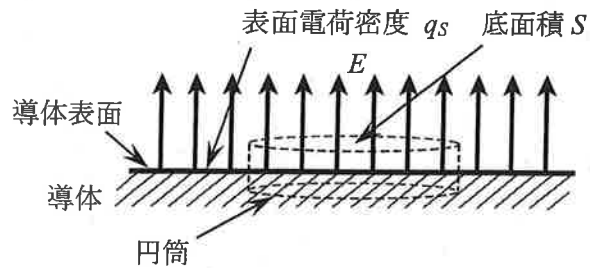
【問題2】 右図のように間隔 r [m] の2本の平行導線1, 2にそれぞれ電流 I_1 [A], I_2 [A] が同じ方向に流れている。導線2に着目すると、導線2はいたるところ導線1から等しい距離 r があるから、導線2は一様な磁束密度の磁界 B_1 の中にある。以下の各問いに答えよ。(各4点, 計12点)



- 問1** この導線1によって導線2の部分に生じる磁界 B_1 の大きさを求め、その方向について説明せよ。
- 問2** 導線2の単位長に作用する電磁力 F_0 の大きさを求め、その方向について説明せよ。
- 問3** 右図のようならせん上のコイルがある。導線が固定されていないとした場合、このコイルに強い電流を流したら、このコイルは伸びるか、縮むかどちらになるか答えよ。またその理由も答えよ。



【問題 3】 静電誘導現象によって導体表面にあらわれた電荷の表面電荷密度 q_s [C/m²] と、表面の電界の強さ E [V/m] との関係をあらわす式を導出したい。そこで、下図のように導体表面の電荷密度は一樣とみなせる導体表面の微小な範囲について、底面が導体面に平行で面積が S [m²]、側面が導体面に垂直で微小な高さの円筒を考え、これにガウスの定理を適用する。以下の各問いに答えよ。
(各 4 点, 計 12 点)



- 問 1 円筒内部の電荷量 ΔQ を求めよ。
- 問 2 導体内部には電界は存在せず、電気力線は円筒上部のみを貫く。ガウスの定理を適用して、この電気力線の本数 N を求めよ。
- 問 3 問 2 の結果を用いて、表面の電界の強さ E を求めよ。

【問題4】真空中において、面積 $S=AB$ [m²] (A, B は電極板の2辺の長さ) の2枚の導体板を距離 d [m] 離して水平におき、平行平板コンデンサを作った。以下の各問いに答えよ。ただし、真空中の誘電率を ϵ_0 とし、周辺部においても電界は一樣であるとする。(各4点, 計16点)

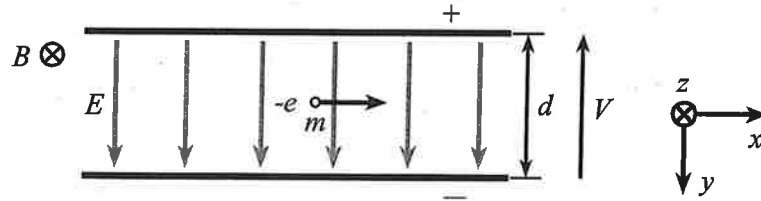
問1 導体板に蓄えられる電荷量 Q は導体板間の電位差 V に比例する。この比例定数を何というか答えよ。また、この比例定数の単位についても答えよ。

問2 導体板間の電界の強さ E , 導体板間の電位差 V および導体板間の距離 d との関係式を示せ。

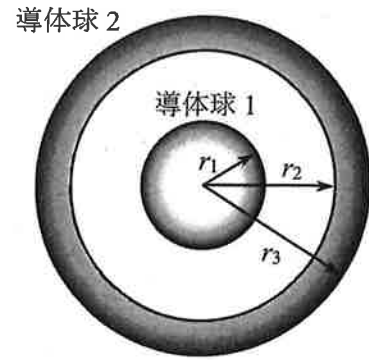
問3 前問【問題3】の問3の結果を用いて、導体板間の電位差 V を導体板に蓄えられた電荷量 Q , 真空中の誘電率 ϵ_0 , 導体板の対向面積 S , および導体板間の距離 d を用いて表せ。

問4 問3の結果を用いて、問1の比例定数を真空中の誘電率 ϵ_0 , 導体板の対向面積 S , および導体板間の距離 d を用いて表せ。

【問題 5】 下図に示すように、真空中に間隔 $d=2.7$ [cm] の平行平面導体板があり、導体板間に $V=81$ [kV] の電位差が与えられている。また、導体板間に平行に一様な磁界 B が加えられている。いま、1 個の電子が板間に平行に、磁界に直角に速度 $v=3.0 \times 10^6$ [m/s] で直線状に走っているという。磁界の磁束密度 B を求めよ。ただし、電子が走っている方向、電界の方向および磁界の方向は、それぞれ図中の x , y および z 軸に平行、導体板の端効果は考えなくてもよいものとする。(5 点)



【問題6】右図のように真空中に半径 r_1 の導体球 1 の外側に、中心を同じくする内半径 r_2 、外半径 r_3 の導体球 2 を置き、導体球 1 に電荷 q [C] を与えた。以下の各問いに答えよ。
(各 5 点, 計 15 点)



- 問1 電界の強さ E と距離 r との関係を求め、概略をグラフに示せ。
- 問2 導体球 1 および導体球 2 の電位 V_1 、 V_2 をそれぞれ求めよ。
- 問3 二つの導体球 1 に $+q$ 、導体球 2 に $-q$ の電荷を与えても、導体内の電界の強さ E および電位差 V は変わらず、 q は V に比例する。この比例定数を求めよ。

【問題 7】真空中に電荷量 q_1 [C] の正の点電荷がある。この点電荷から距離 r [m] はなれた点 P における電界の強さ E [V/m] を、ガウスの法則を使って求めたい。そこで、点電荷を中心とした半径 r [m] の球を閉曲面として考えると、閉曲面上において電気力線は点電荷から全方向に一様な密度で放射状に広がり、球の表面に垂直に出ていく。以下の各問に答えよ。(各 4 点, 計 20 点)

- 問 1 この閉曲面内に存在する電荷の総代数和はいくらか。
- 問 2 問 1 の結果とガウスの定理を用いて、この閉曲面を貫く電気力線の総数 N を求めよ。
- 問 3 閉曲面を貫く電気力線の総数 N [本], 球の表面積 S [m²] および球の表面における電界の強さ E [V/m] との関係を示す式で表せ。
- 問 4 問 2, 3 の結果を用いて、点電荷から距離 r [m] はなれた点 P における電界の強さ E [V/m] を求めよ。
- 問 5 点 P に q_2 [C] の負の点電荷をおいたとき、この点電荷にはたらく力の大きさ F とその向きを求めよ。