

令和7年度弁理士試験論文式筆記試験問題

[電磁気学]

- 1 図1-1のように、奥行き W 、幅 L 、深さ h の直方体容器が真空中に置かれ、容器の内壁両側に奥行き W 、高さ h の2枚の厚みが無視できる電極板が固定されている。また、容器には密度が ρ 、誘電率が ϵ の絶縁性液体が深さ $\frac{h}{2}$ まで満たされている。さらに2枚の電極板間には定電圧 V の電池が接続され、十分な時間が経っている。液面は常に容器の底面と平行であった。真空の誘電率を ϵ_0 、重力加速度を g とするとき、以下の問いに答えよ。

【40点】

- (1) 図1-1において2枚の電極板が作る静電容量 C_0 を求めよ。ただし W 、 h は L に比べて十分に大きく、端の効果は無視できるものとする。
- (2) 図1-1における電極板間の静電エネルギー E_0 を求めよ。
- (3) 図1-1に引き続き、2枚の電極板間に定電圧 V の電池を接続したまま、図1-2のように密度が ρ 、誘電率が ϵ の絶縁性液体をゆっくり容器に足し、容器底から液面の高さは h となった。絶縁性液体を足す前後で電池のした仕事を求めよ。
- (4) 図1-1の状態から電池を取り外してから、一方の電極板をゆっくり動かし、図1-3のように電極間の距離を $\frac{L}{2}$ にした。このとき、絶縁性液体は常に電極板の間に満たされ、容器底から液面の高さは h となった。このとき、電極板を動かすのに要した仕事を求めよ。

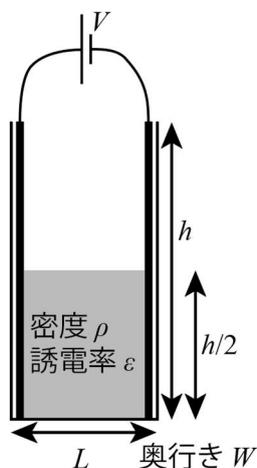


図1-1



図1-2

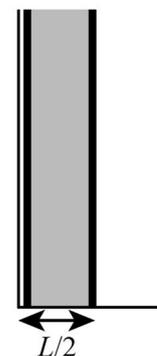


図1-3

2 幅の無視できる導線が真空に作る静磁場に関する以下の問いに答えよ。微小電流 $I d\mathbf{s}$ (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 $d\mathbf{s}$) がベクトル \mathbf{r} 離れた点に作る微小磁束密度は $d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} I d\mathbf{s} \times \frac{\mathbf{r}}{r}$ で与えられる (ビオ・サバルの法則)。真空の透磁率を μ_0 とする。

【30点】

- (1) 図2-1のように xy 平面上で原点 O を中心とする半径 $a (> 0)$ の円形導線に、電流 I が z 軸の正の方向から見て反時計回りに流れている。このとき、原点 O での磁束密度 \mathbf{B}_O を求めよ。
- (2) 図2-2のように、 $y \geq 0$ の xy 平面上で原点 O を中心とする半径 $a (> 0)$ の半円形導線がある。その両端のそれぞれに、 x 軸上の無限遠から直線の導線が繋がれている。 x 軸の正の方向から電流 I が流れている。このとき、導線の半円形部が z 軸上に作る磁束密度 $\mathbf{B}_1(z)$ を求めよ。
- (3) (2) のとき、導線の直線部が点 $P(0, 0, a)$ に作る磁束密度 \mathbf{B}_{2P} を求めよ。さらに図2-2で導線全体が点 $P(0, 0, a)$ に作る磁束密度 \mathbf{B}_{P_total} を求めよ。

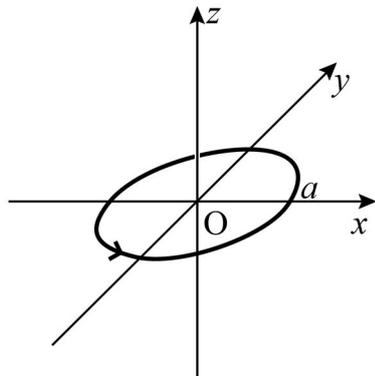


図2-1

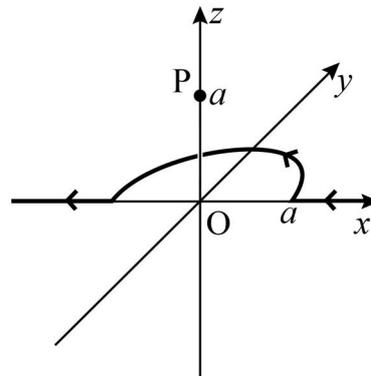


図2-2

3 紙面上向きに一様な磁束密度 B の中に、図3のような形のレールが紙面に平行に置かれている。レールの間隔は r で、直線部の長さは L 、左右は半径が r と $2r$ の半円になっている。レール間は抵抗 R で接続されている。今、質量 m の導体棒をレールの上に接触させておき、導体棒に外力を加えてレール上を動かす。導体棒は常にレールに対して垂直で、レール中央部の速さは常に v である。このとき以下の問いに答えよ。

【30点】

- (1) 導体棒がレール直線部を動いているとき、抵抗 R に流れる電流の大きさ I_1 と向きを求めよ。
- (2) 導体棒がレールの半円部を動いているとき、抵抗 R に流れる電流の大きさ I_2 を求めよ。
- (3) 導体棒がレールを一周したとき、外力がした仕事 W を求めよ。

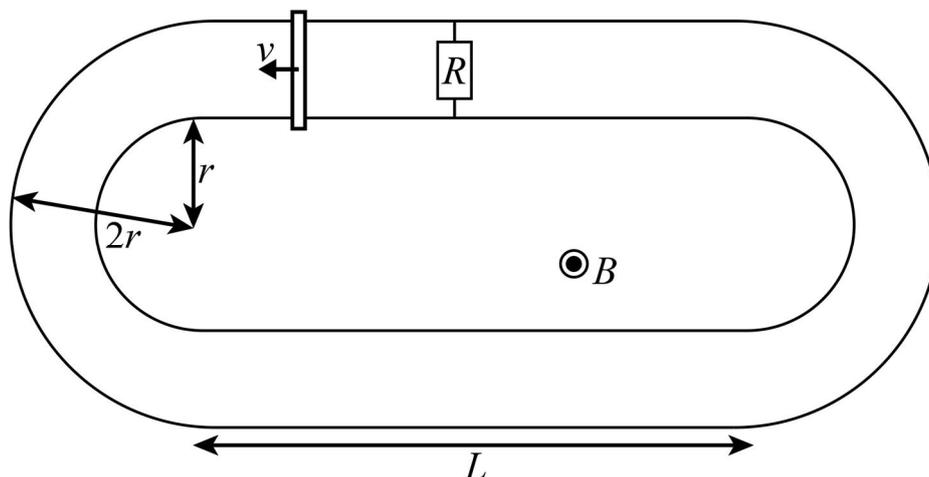


図3