

令和5年度専攻科入学者選抜

産業システム工学専攻 学力検査問題

電気磁気学

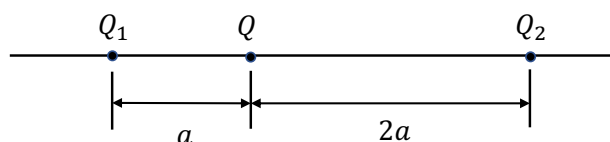
注 意 事 項

- 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5枚、解答用紙は5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。
- 5 特に指定がない場合は、空間の誘電率や透磁率は真空中のものであるとする。

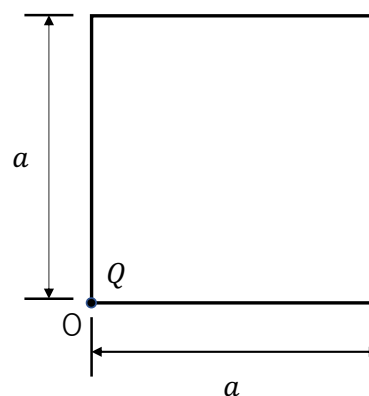
【問題1】各問いに答えよ。(計16点)

問1 等量の2個の点電荷が、ある間隔で置かれているときのクーロン力の大きさが0.054 Nであった。間隔が4倍になったとき、同じ大きさのクーロン力となるためには、等量の2個の点電荷における電気量をもとの電気量の何倍にすればよいか。(5点)

問2 図に示すように、3個の正の点電荷 Q_1, Q, Q_2 [C]が間隔 a [m] および $2a$ [m]で一直線上に並んでいるとき、点電荷 Q にはたらく力がゼロとなった。 Q_1 と Q_2 の関係を求めよ。(5点)



問3 一辺の長さが a [m]の正方形の一つの頂点に電荷 Q [C]を置いたとき、そのほかの頂点での電界の強さを求め、それらを図に矢印で示せ。矢印の長さは電界の強さに対応させること。(6点)



【問題 2】 各問いに答えよ。(計 26 点)

問 1 一様な電界中で, 1 個の電子を電界の方向に 5 cm 移動するのに要する仕事が $2.16 \times 10^{-17} \text{ J}$ であった. 電子が移動した 2 点間の電位差と電界の強さを求めよ.
(4 点, 4 点)

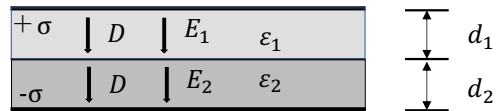
問 2 半径 $a \text{ [m]}$ の球の表面に電荷 $Q \text{ [C]}$ が一様に分布しているとき, 球の内外および球表面の電界の強さと電位を求めよ. ただし, 球の中心から考える点までの距離を $r \text{ [m]}$ とする. (各 3 点, 計 18 点)

【問題 3】 各問いに答えよ。(計 24 点)

問 1 2 枚の薄い平板導体の間隔 d [m] が, 平板の縦横の長さに比べて十分狭くなるように平行に置かれ, 平板 A, 平板 B にそれぞれ $+Q$ [C], $-Q$ [C] の電荷を与えている. このとき以下の量を求める式および説明を記述せよ. ただし, 平板導体の面積を S [m²] とする. (各 3 点, 計 12 点)

- (1) 導体上の電荷密度
- (2) 導体間の電界
- (3) 導体間の電気力線と等電位面はどのようなになるか説明せよ.
- (4) 平板導体 A, B の電位差

問 2 図のように, 平行平板導体間に誘電率が ϵ_1, ϵ_2 [F/m] で, 厚さがそれぞれ d_1, d_2 [m] の誘電体が挿入されている. 導体表面の電荷密度を $\pm\sigma$ [C/m²] としたとき, 各誘電体中の電界 E_1, E_2 を求めよ. また, この平行平板導体の静電容量 C を求めよ. ただし, 導体板の面積を S [m²] とし, 導体板の間隔は非常に狭いものとする. (各 4 点, 計 12 点)



$$E_1 = \underline{\hspace{4cm}}$$

$$E_2 = \underline{\hspace{4cm}}$$

$$C = \underline{\hspace{4cm}}$$

【問題 4】 各問いに答えよ. (計 16 点)

問 1 ある導線に 2 A の電流が流れているとき, 1 C の電気量が移動するのに要する時間は
いくらになるか. (4 点)

問 2 導体中のある単位断面積を通過する電流を電流密度と定義するが, 荷電粒子 q [C] が
単位体積あたり n [個] あり, 電界によって平均速度 v [m/s] で移動すると, 電流密度 J
はどのように表されるか. また, 単位も記すこと. (4 点)

問 3 長さ l [m], 断面積 S [m²] の一様な導線の抵抗 R が $R = \rho \frac{l}{S}$ で表されることを示せ.
(8 点)

【問題 5】 各問いに答えよ。(計 18 点)

問 1 電子銃から放出された電子が、 85 mT の磁界中で $7.2 \times 10^6 \text{ m/s}$ の速度で動いている。電子が受ける最大のローレンツ力はいくらになるか。また、そのときの電子の加速度はいくらになるか。電子質量を $9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ とする。(3 点, 3 点)

問 2 時間的に変化する磁束 $\Phi = \Phi_0 \sin(\omega t + \theta) [\text{Wb}]$ が巻数 N 回のコイルに鎖交するとき、コイルに発生する起電力を求めよ。また、起電力の振幅と周波数はいくらか。ただし、 θ は磁束の位相角である。(3 点, 3 点)

問 3 図のように、一様な磁束密度が印加されている平行導体棒上を直線導体が速度 $v [\text{m/s}]$ で移動している。直線導体に生じる起電力 e を求めよ。また、電圧が高いのは端子 a, 端子 b のどちらか。(3 点, 3 点)

