

受験番号

氏名

筆記試験解答用紙

問題番号 【1】

(1)

電極の面積を S [m^2]とすると、コンデンサーの静電容量 C_0 [F]は、

$$C_0 = 3\varepsilon_0 \frac{S}{d}$$

よって、電極に蓄えられる電荷 Q [C]は、

$$Q = C_0 V_0 = 3\varepsilon_0 \frac{S}{d} V_0$$

であるため、電荷密度は、

$$\sigma = \frac{Q}{S} = \frac{3\varepsilon_0 V_0}{d} \text{ [C/m}^2\text{]}$$

(別解)

誘電体中の電界強度と誘電率より電束密度を求め、クーロンの定理より電荷密度を求めても良い。

(2)

コンデンサーの厚さが3/4倍になったとみなせるので、静電容量は

$$C_1 = \frac{4}{3} C_0$$

蓄えられている電荷量は Q のまま変わっていないため端子間の電位差は、

$$V_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{3}{4} \times \frac{Q}{C_0} = \frac{3}{4} V_0 \text{ [V]}$$

(3)

導体板の挿入前にコンデンサーに蓄えられているエネルギー W_0 [J]は、

$$W_0 = \frac{1}{2} Q V_0$$

一方、挿入後に蓄えられているエネルギー W_1 は、

$$W_1 = \frac{1}{2} Q V_1 = \frac{3}{4} W_0$$

と挿入前より減少している。よって、導体板の挿入によってコンデンサーは外部に対して仕事をしており、引き込まれる方向に力が作用している。

(4)

電極 A と B に帯電している電荷密度の大きさは等しいため、誘電体と真空中の電束密度は等しい。よって、電界と電束密度の関係式 $D = \varepsilon E$ より、誘電体中の電界強度は真空中の電界強度の1/3倍である。

筆記試験解答例

問題番号 【2】

(1)

$$H = \frac{I}{2\pi(r+a)} = \frac{I_0 \cos \omega t}{2\pi(r+a)} \quad [\text{A/m}]$$

(2)

$$\begin{aligned} B = \frac{\mu_0 I}{2\pi x}, \quad \rightarrow \Phi = 1 \cdot \phi = \int B dx dy &= \frac{\mu_0 I}{2\pi} b \int_r^{r+a} \frac{1}{x} dx \\ &= \frac{\mu_0 b I}{2\pi} [\ln x]_r^{r+a} = \frac{\mu_0 b I}{2\pi} \ln \left(\frac{r+a}{r} \right) \\ &= \frac{\mu_0 b I_0}{2\pi} \ln \left(\frac{r+a}{r} \right) \cos \omega t \quad [\text{Wb}] \end{aligned}$$

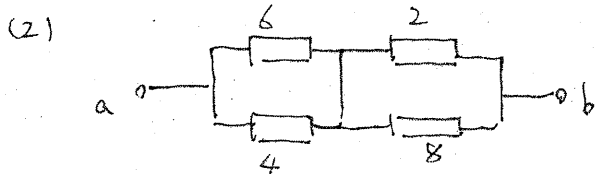
(3)

$$\Phi = MI, \quad \rightarrow M = \frac{\Phi}{I} = \frac{\mu_0 b}{2\pi} \ln \left(\frac{r+a}{r} \right) \quad [\text{H}]$$

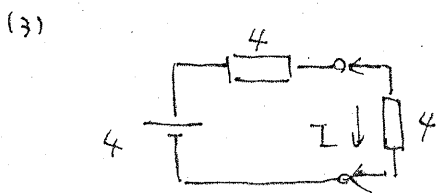
(4)

$$\begin{aligned} e = -\frac{d\Phi}{dt} &= -\frac{\mu_0 b}{2\pi} \ln \left(\frac{r+a}{r} \right) \frac{d}{dt} I_0 \cos \omega t \\ &= \frac{\omega \mu_0 b I_0}{2\pi} \ln \left(\frac{r+a}{r} \right) \sin \omega t \quad [\text{V}] \end{aligned}$$

$$(1) \quad V_{ab} = V_a - V_b = \frac{10}{4+6} \cdot 6 - \frac{10}{8+2} \cdot 2 = 4 \text{ V} //$$



$$R_0 = \frac{6 \cdot 4}{6+4} + \frac{2 \cdot 8}{2+8} = 2.4 + 1.6 = 4 \Omega //$$



$$I = \frac{4}{4+4} = 0.5 \text{ A} //$$

(ブリッジの定理)

(4) ブリッジの平衡条件より

$$R_4 = \frac{R_2 R_3}{R_1} = \frac{8 \cdot 6}{4} = 12 \Omega //$$

筆記試験解答用紙【解答例】

問題番号 【4】

(1) この回路の回路方程式は,

$$Ri(t) + \frac{1}{C} \int_0^t i(t) dt = \sin \omega t \quad (\text{答})$$

(2) 上式をラプラス変換して,

$$RI(s) + \frac{1}{C} \frac{I(s)}{s} = \frac{\omega}{s^2 + \omega^2} \Leftrightarrow I(s) = \frac{\omega}{s^2 + \omega^2} \frac{1}{R + \frac{1}{sC}} = \frac{\omega}{s^2 + \omega^2} \frac{s/R}{s + \frac{1}{RC}} \quad (\text{答})$$

(3) 電圧の最大値 $E_m = 1$,

$$\text{定常状態のインピーダンス } Z \text{ の大きさは, } Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

$$\text{したがって, 電流の最大値は, } I_m = \frac{E_m}{Z} = \frac{1}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}} \quad (\text{答})$$

解答

- (1) フランスの数学者ジョセフ・フーリエは、任意の波は異なる種類のサイン波の無限の和で表されるという考えを紹介した。
- (2) three times (3倍) (3) ③ (基本波)
- (4) 一周期で、時間軸の上の面積(領域)と下の面積(領域)が等しい時

受験番号	氏名
------	----

筆記試験解答用紙

問題番号 【6】

(1) (10点)

ニールス・ボーアは、ある物理量は離散的な値しかとらないという量子論に基づいた水素原子の理論を提唱した。

(2) (10点)

電子が低エネルギーの軌道に飛び移ると、その差のエネルギーは電磁波などの放射として外部に放たれる。

(3) (5点)

Bohr's model explained why atoms only emit light of fixed wavelengths