

# 問 題 用 紙

2026	科目名	物理情報：電磁気学	1 / 2	通し番号
------	-----	-----------	-------	------

電磁波に関する以下の問いに答えよ。

電場ベクトル  $\mathbf{E}$  と磁場ベクトル (磁束密度)  $\mathbf{B}$  に関するマクスウェル方程式は、

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \rho / \epsilon_0 \quad \text{式(1)}$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad \text{式(2)}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad \text{式(3)}$$

$$c^2 \nabla \times \mathbf{B} = \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \frac{\mathbf{j}}{\epsilon_0} \quad \text{式(4)}$$

で与えられる。

ここで、 $\rho$  は電荷密度、 $\epsilon_0$  は真空の誘電率、 $\mathbf{j}$  は電流密度、 $c (= 3 \times 10^8 \text{ m/s})$  は光の速度、 $t$  は時間を示す。

以下では、磁場ベクトル  $\mathbf{B}$  を、 $y$  軸の正の向きに進行し、波数  $k$ 、角振動数  $\omega$ 、振幅  $B_0$  を持つ正弦波

$$\mathbf{B} = (B_0 \sin(ky - \omega t), 0, 0) \quad \text{式(5)}$$

で表すことにする。

また、任意のベクトル  $\mathbf{A}$  について、以下のベクトル公式がある。

$$\nabla \cdot (\nabla \times \mathbf{A}) = 0 \quad \text{(公式 1)}$$

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{A}) = \nabla(\nabla \cdot \mathbf{A}) - \nabla^2 \mathbf{A} \quad \text{(公式 2)}$$

ベクトル量はボールド体 ( $\mathbf{A}$ )、または、ベクトル記号 ( $\vec{A}$ ) を用いること。

( $x, y, z$  軸の単位ベクトルをそれぞれ、 $\mathbf{e}_x, \mathbf{e}_y, \mathbf{e}_z$  とする。)

以下の (問 1) ~ (問 9) に答えよ。

(問 1) 代表的な電磁波を 3 種類答えよ。

(問 2) 式(2)の発散 (div) から式(3)が導かれることを示せ。

(問 3) 式(4)の発散 (div) から以下の電荷の保存則が導かれることを示せ。

$$\nabla \cdot \mathbf{j} = -\frac{\partial \rho}{\partial t}$$

(問 4) 電荷も電流も存在しないとき、式(4)の左辺の正しい答えを下記の (a)-(d) の中から選び、記号で答えよ。

(a)  $-c^2 k B_0 \cos(ky - \omega t) \mathbf{e}_z$       (b)  $c^2 k B_0 \sin(ky - \omega t) \mathbf{e}_z$

(c)  $-c^2 k B_0 \cos(ky - \omega t) \mathbf{e}_y$       (d)  $-c^2 k B_0 \cos(ky - \omega t) \mathbf{e}_x$

(問 5) (問 4) の結果を用いて、電荷も電流も存在しない場合の式(4)を満たす電場ベクトルを求めよ。ただし、積分定数はゼロとしてよい。

## 問 題 用 紙

2026	科目名	物理情報：電磁気学	2 / 2	通し番号
------	-----	-----------	-------	------

(問 6) 式(2)の左辺の正しい答えを下記の(a)-(d)の中から選び, 記号で答えよ。

- (a)  $(c^2 k^2 B_0 / \omega) \cos(ky - \omega t) \mathbf{e}_z$       (b)  $(c^2 k^2 B_0 / \omega) \cos(ky - \omega t) \mathbf{e}_y$   
(c)  $(c^2 k^2 B_0 / \omega) \cos(ky - \omega t) \mathbf{e}_x$       (d)  $-(c^2 k^2 B_0 / \omega) \sin(ky - \omega t) \mathbf{e}_z$

(問 7) 式(2)を満たす波数  $k$  を, 電磁波の速度  $c$  と, 角振動数  $\omega$  で表せ。

(問 8) 式(5)の磁場ベクトルと, (問 5) で得られた電場ベクトル (電磁波) の大きさ (振幅) の比  $|\mathbf{B}|/|\mathbf{E}|$  を求めよ。また,  $|\mathbf{E}| = 10^{-3}$  V/m の時の磁場ベクトルの振幅を求めよ。

(問 9) 式(5)の磁場ベクトルと (問 5) で得られた電場ベクトル (電磁波) が  $x, y, z$  空間をどのように伝わっていくのかを, 電場と磁場の概略図で示せ。

以上