

1. 張力 T でまっすぐに張られた細い弦がある。弦は十分に長いものとし、弦の張られた方向に沿って x 軸をとる。弦が振動しているとき、時刻 t 、位置 x における y 方向の変位を $u(x, t)$ として、以下の問いに答えよ。ただし、変位 $u(x, t)$ は十分に小さく、張力 T は一定とする。
 - (1) 張力の y 成分を変位 u を用いて式で示せ。
 - (2) 弦の線密度を σ として、弦の微小部分についての運動方程式（波動方程式）を示せ。
 - (3) 弦を伝わる横波の伝播速度を示せ。

2. 次式で表される正弦波について、以下の問いに答えよ。

$$u(x, t) = A \sin(kx + \omega t + \alpha),$$
 ここで A は振幅、 k は伝播定数、 ω は角周波数、 α は初期位相である。
 - (1) $k = 3.14 \text{ [m}^{-1}\text{]}$ 、 $\omega = 62.8 \text{ [rad/s]}$ の場合、この波の波長、周波数および位相速度をそれぞれ求めよ。
 - (2) 上式の正弦波と逆方向へ伝播する正弦波の式を示せ。ただし、 A 、 k 、 ω 、 α は全て上式と同じものとする。
 - (3) 上式と(2)の式を用いて、逆方向へ伝播する2つの正弦波を重ね合わせると、どのような波の状態になるか式で示し、その波の性質を簡単に説明せよ。またこの波の名称を答えよ。

3. 以下の偏光に関する問いに答えよ。
 - (1) 直線偏光、円偏光とは、それぞれどのような波であるか説明せよ。
 - (2) 晴れた日のスキー場のゲレンデに立っていると、雪面からの反射光がまぶしいので、直線偏光板を用いて偏光サングラスを作ることにした。どのような点を考慮して作れば良いか、簡単な図を書いて説明せよ。

4. 以下の光の屈折に関する問いに答えよ。
 - (1) フェルマの原理を説明し、フェルマの原理を用いてスネルの法則の式を導出せよ。
 - (2) ホイヘンスの原理を説明し、ホイヘンスの原理を用いてスネルの法則の式を導出せよ。
 - (3) 屈折率 n_1 の線状のガラスを屈折率 n_2 のガラスで包んだ光ファイバがある ($n_1 > n_2$)。直線状に置いた光ファイバの中心軸と角度 θ をなす方向で、空気中から光ファイバの端面中心に光を入射させる場合、光線がファイバの外に漏れずに伝播するための入射角度 θ の範囲を式で示せ。なお光ファイバの端面は垂直にカットされているものとする。

5. 以下の光線行列および結像に関する問いに答えよ。
 - (1) 屈折率 n_1 (入射側) と屈折率 n_2 (出射側) の球面境界がある。球面は入射側からみて凹面であるとし、その曲率半径を R とする。この光学系の光線行列を求めよ。
 - (2) 両凸型の薄肉レンズの焦点距離を f として、この薄肉レンズの光線行列を求めよ。
 - (3) (2)の薄肉レンズから距離 s の位置に物体を置いたとき、物体と反対側に実像が現れるための条件を示せ。ここで、レンズから実像までの距離を s' とする。

以上