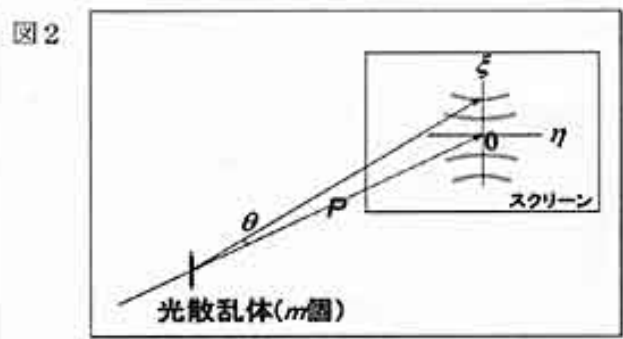
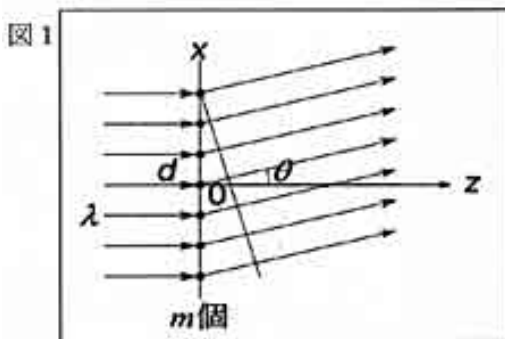


問題 1 3 (物理学)

z 軸に平行に進行する波長 λ の平行光線が、 $z = 0$ において z 軸とは直角である x 方向に等間隔 d で並ぶ m 個の粒子(無限に小さい光散乱体)で散乱されると考える(図1)。各々の粒子から散乱される光の振幅は等しく、位相は揃っており、かつ互いに干渉するとする。 $z = P$ (P は d に比して十分に大きいとする)の位置に z 軸に垂直に置かれたスクリーン上に干渉縞が見えるであろう(図2)。各散乱体からスクリーンに到達する光には光路差があるため、各散乱体からの光波を重ね合わせたときに干渉が起きることによる。

問1 . スクリーン上にできる干渉縞の間隔を Δx の関数として求めなさい。 θ が小さい範囲で考える、すなわち、 $\sin \theta \approx \theta$ の近似を使いなさい。

問2 . 上で $d = 0.63\text{mm}$ 、 $\lambda = 630\text{nm}$ (赤いレーザー光)、 $P = 3\text{m}$ のとき、スクリーン上の干渉縞の間隔はおよそ何ミリか? 有効数字2桁で答えなさい。



以上では幾何学的な考察から干渉縞の間隔のみを考察したが、以下では干渉縞の間隔のみではなく幅や明るさ(強度)などを定量的に考察する。

$z = 0$ にある光源から z 方向に向かって進む波長 λ の平行光線(平面波)は、位置 z 時間 t において

$$A \cos \left[\frac{2\pi}{\lambda} (z - ct) + \phi \right]$$

あるいは、複素数表示で

$$A \exp \left\{ i \left[\frac{2\pi}{\lambda} (z - ct) + \phi \right] \right\}$$

と表現される。また光の強さは $|A|^2$ で表される。ここで A は振幅、 c は光速、 ϕ は $z=0, t=0$ での位相である。

問3 . 各散乱体からの光波を式で書き下ろすことによって、スクリーン面の z 軸上(図2 参照)の光の強度を z 軸からの角度 θ の関数として求めなさい。散乱体で散乱されずに直進する光の寄与は無視できるとする。また、問1と同じように $\sin \approx$ の近似を使いなさい。

問4 . 縞の中心で強度(ピーク強度)は m が変わるとどのように変わるか述べなさい。

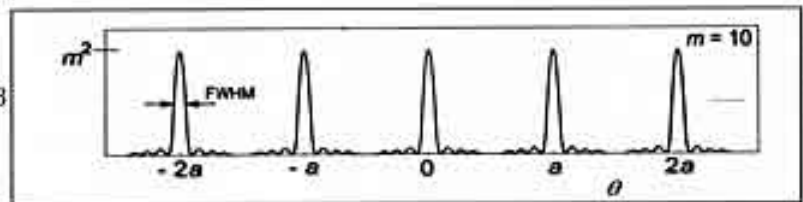
問5 . 個々の明るい縞の幅(強度がピークの半分以上である部分の幅、図3の FWHM)は m が変わるとどのように変わるか述べなさい。(図3に示すように個々の縞の幅は同じであるが、厳密には入射角度によって多少異なる。ここでは簡単のため中央の明るい縞についてだけ考えよ。また、縞の幅は近似的に、縞の中心から強度が初めてゼロになる位置までの距離と考えてよい。)

問6 . 問2 で用いた数値 $d = 0.63\text{mm}$ 、 $\lambda = 630\text{nm}$ 、 $P = 3\text{ m}$ が成り立つとき、スクリーン上の縞の幅はおよそ何ミリか? $m = 3, m = 10$ の場合について求めなさい。有効数字2桁で答えなさい。

なお、上記 問3 - 問6 を
考えるとき、関数

$$\left[\frac{\sin\left(\frac{\pi m \theta}{a}\right)}{\sin\left(\frac{\pi \theta}{a}\right)} \right]^2$$

図3



は図3のような関数であることを参考にしなさい(図3では $m = 10$ としている)。