

第3問 複スリットによる光の干渉を利用して気体の屈折率を測定する実験について考えよう。図3のように、透明な二つの密閉容器 C_1 , C_2 (長さ d) を、平面 A 上にある二つのスリット S_1 , S_2 (スリット間隔 a) の直前に置き、A の後方にはスクリーン B を配置する。A, B は互いに平行であり、その間の距離を L とする。スクリーン B 上の座標軸 x を、O を原点として図3のようにとる。原点 O は S_1 , S_2 から等距離にある。いま、平面波とみなせる単色光 (波長 λ) を、密閉容器を通してスリットに垂直に照射すると、スクリーン B 上には多数の干渉縞が現れる。密閉容器の壁の厚さは無視して、以下の設問に答えよ。

I 密閉容器 C_1 , C_2 両方の内部を真空にした場合、光源から二つのスリット S_1 , S_2 までの光路長は等しいため、単色光は S_1 , S_2 において同位相である。

(1) スクリーン B 上の点 P の x 座標を X , S_1 と P の距離を l_1 , S_2 と P の距離を l_2 としたとき、距離の差 $\Delta l = |l_1 - l_2|$ を、 a , L , X を用いて表せ。ただし、 L は a や $|X|$ よりも十分に大きいものとする。なお、 $|h|$ が 1 よりも十分小さければ、 $\sqrt{1+h} \approx 1 + \frac{h}{2}$ と近似できることを利用してよい。

(2) 点 P に明線があるとき、 X を a , L , λ , および整数 m を用いて表せ。

II C_2 の容器内を真空に保ったまま、 C_1 の容器内に気体をゆっくりと入れ始めた。一般に、絶対温度 T , 圧力 p の気体の屈折率と真空の屈折率との差は、その気体の数密度 (単位体積あたりの気体分子の数) ρ に比例する。

(1) 容器内の気体の圧力が p で絶対温度が T のとき、その気体の数密度 ρ を p , T , k (ボルツマン定数) を用いて表せ。ただし、この気体は理想気体とみなしてよい。

(2) 温度を一定に保ったまま C_1 の容器内に気体を入れて圧力を上げると、スクリーン B 上の干渉縞は、 x 軸の正方向、負方向のどちらに移動するか。理由を付けて答えよ。

Ⅲ C_2 の容器内を真空に保ったまま、 C_1 の容器を絶対温度 T 、1気圧(101.3 kPa)の気体で満たした。このときの気体の屈折率を n とする。

- (1) C_1 の容器が真空状態から絶対温度 T 、1気圧の気体で満たされるまでに、それぞれの明線はスクリーンB上を距離 ΔX だけ移動した。気体の屈折率 n を、 ΔX を用いて表せ。
- (2) (1)で、原点Oを N 本の暗線が通過した後、明線が原点Oにきて止まった。気体の屈折率 n を、 N を用いて表せ。
- (3) 気体の屈折率を精度よく求めるには、測定値の正確さが重要になる。いま、(1)で測定した ΔX は0.1 mmの正確さで測定でき、(2)で測定した N は1本の正確さで数えられるとすると、気体の屈折率は(1)の方法、(2)の方法のどちらが精度よく求められると考えられるか。理由を付けて答えよ。ただし、 $d = 2.5 \times 10^2$ mm, $L = 5.0 \times 10^2$ mm, $a = 5.0$ mm, $\lambda = 5.0 \times 10^{-4}$ mm とすること。

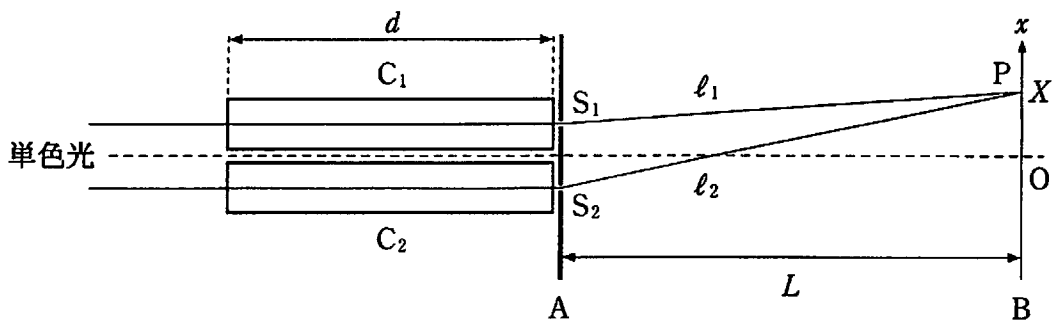


図3