1 2006年 北海道大学 前期日程

図1のように，真空中に間隔d[m]の2つのスリットS_1，S_2を置き，さらにスリットからl[m]離れた位置に，S_1S_2に平行にスクリーンを置く。S_1S_2の垂直二等分線をx軸にとり，x軸とスクリーンが交わる点を原点Oとして，図のようにy軸をとる。スリットS_1の手前(スクリーンの反対側)には，x軸に垂直な断面をもち，屈折率を自由に変えられる長さa[m]の透明な媒質Aが置かれている。ただし，Aの表面での光の反射は無視できるものとする。このとき，以下の文章の□に適当な数式を入れよ。

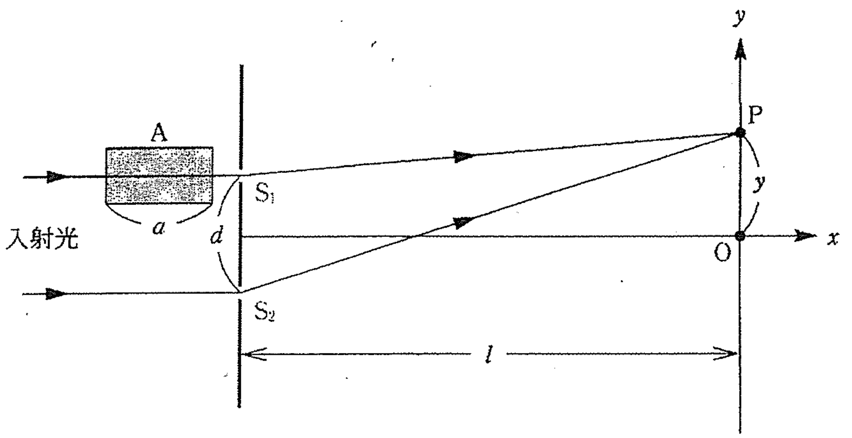


図1

問1　真空中の波長がλ[m]の単色光平面波をx軸に平行にS_1，S_2に入射する。真空中の光の速さをc[m/s]とすると，入射光の振動数は [(1)] [Hz]である。媒質Aの屈折率がnのとき，Aの中を進む光の速さはcの$\frac{1}{n}$倍となる。振動数は媒質中でも変わらないので，Aの中を進む光の波長はλの [(2)] 倍となる。Aの中を光がa[m]進むのにかかる時間は [(3)] [s]であり，同じ時間に真空中の光は [(4)] [m]進む。

S_1，S_2で回折した光は互いに干渉し，スクリーン上に明暗のしまもようを描く。Aの屈折率が1のとき，点Oおよび点Oの両側に等しい間隔で明線が観測された。点Oの明線を0次，点Oの両側の明線を，点Oに近い方から順に1次，2次，3次，…の明線とよぶことにする。点Oからm次($m=0$，1，2，…)の明線までの距離をy_m[m]とすると，両スリットからm次の明線までの経路差は，dおよびy_mがlに比べて十分に小さいものとして，$d\frac{y_m}{l}$[m]で与えられる。したがって，$y_m=$ [(5)] [m]となり，隣り合う明線と明線の間隔は，[(6)] [m]と求められる。

問2　Aの屈折率を時刻$t=0$で1とし，その後，毎秒r[1/s]の割合で増加させたところ，干渉じまはy軸の正方向に移動した。屈折率がnになったとき，最初点Oにあった明線は点Pまで移動した。このとき，経路差$\overline{S_2P}-\overline{S_1P}$と，Aによって生じる光路差$(n-1)a$が等しくなる条件より，点Pの位置は，$y=$ [(7)] [m]と求められる。明線と明線の間隔は変化しないので，m次の明線が点Oをよぎる時刻をt_mとすると，$rt_ma=$ [(8)] [m]の関係が成り立つ。したがって，点Oをよぎる明線の数は，毎秒 [(9)] 個となる。

問1 (1) $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{c}{\lambda}$ [Hz]

(2) $\lambda' = \frac{c'}{f'} = \frac{\frac{c}{n}}{\frac{c}{\lambda}} = \frac{\lambda}{n}$ [m]

(3) $t' = \frac{a}{\frac{c}{n}} = \frac{an}{c}$ [s]

(4) $l = ct' = an$ [m]

(5) $\frac{dy_m}{l} = m\lambda$

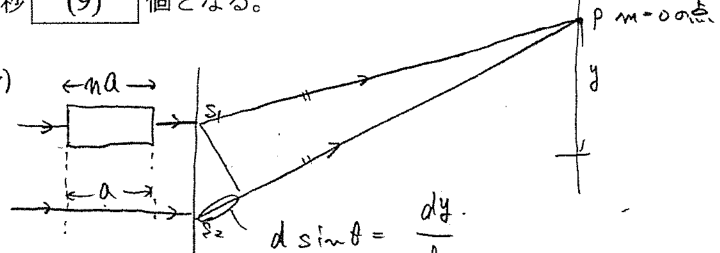
$y_m = \frac{ml\lambda}{d}$ [m]

(6) $\Delta y = y_{m+1} - y_m$

$= \frac{l\lambda}{d}(m+1) - \frac{l\lambda \cdot m}{d}$

$= \frac{l\lambda}{d}$ [m]

(7)



$d\sin\theta = \frac{dy}{l}$

図より，

$na = a + \frac{dy}{l}$ ⟺ $\left((n-1)a = \frac{dy}{l} \right)$

$y = \frac{(n-1)al}{d}$ [m]

(8) 時刻tでの Aの光路長は $(1+rt)a$ であるから，
干渉の条件は，

$(1+rt_m)a - a = m\lambda$
光路差

⟺ $rt_ma = m\lambda$ —①

(9) ①より
$t_m = \frac{m\lambda}{ra}$

通過する時間間隔は，

$\Delta t = t_{m+1} - t_m = \frac{(m+1)\lambda}{ra} - \frac{m\lambda}{ra} = \frac{\lambda}{ra}$

1sあたりでは，

$\frac{1}{\Delta t} = \frac{ra}{\lambda}$

答　問1 (1)$\frac{c}{\lambda}$　(2)$\frac{1}{n}$　(3)$\frac{na}{c}$　(4)na　(5)$\frac{l\lambda}{d}m$　(6)$\frac{l\lambda}{d}$　問2 (7)$\frac{(n-1)al}{d}$　(8)$m\lambda$　(9)$\frac{ra}{\lambda}$