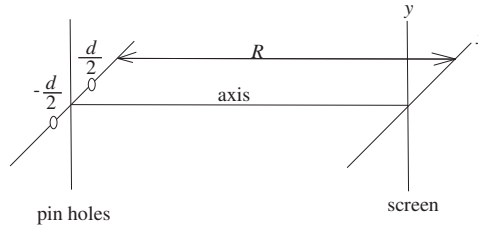


光学課題 10 干渉

レポート作成での注意: 説明を丁寧に記述するよう心がけて下さい。

問 1 図のような間隔 d の 2 つのピンホールを通過した光によるスクリーン上での干渉を考える。ピンホールのある面とスクリーンとの間隔を R とする。2 つのピンホールを通過してスクリーン x 軸上の点 $P(x, 0, 0)$ へ到達する 2 つの光路について、その光路差 ΔL を求めよ。



問 2 屈折率 n_1 の物質の平面表面を、屈折率 n で厚さ d の均一な薄膜で覆った。空気側から入射角 θ で波長 λ の光が入射する場合の干渉を考えよう。

(1) 薄膜の上下 2 面での光路差 ΔL が下記となることを示せ。

$$\Delta L = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}$$

(2) $n > n_1$ の場合に、反射光が強め合う条件を求めよ。

(3) 垂直入射 ($\theta = 0$) の場合に、反射光が強め合うための最も薄い膜の厚さを求めよ。

問 3 次の図について、光線の可逆性と重ね合わせの原理により、次のストークスの定理を示せ。

$$r^2 + tt' = 1, \quad r + r' = 0$$

ただし、図で

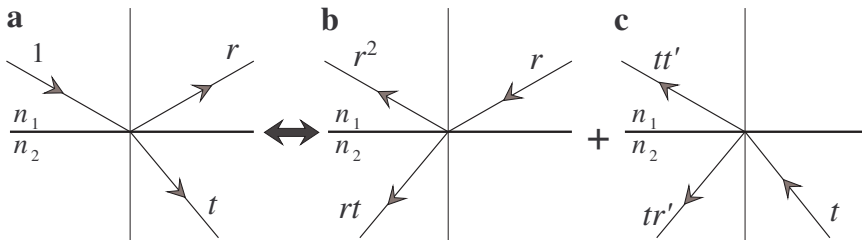
r : 領域 1 から領域 2 への境界での振幅反射率

t : 領域 1 から領域 2 への境界での振幅透過率

r' : 領域 2 から領域 1 への境界での振幅反射率

t' : 領域 2 から領域 1 への境界での振幅透過率

であり、a の逆課程は b と c の重ね合わせにより表される。



問 4 【発展】屈折 n_1, n_2 の物質 1, 2 が平面界面で接している。界面に物質 1 の側から垂直入射する光が、界面で反射されるとき振幅反射率は

$$r = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}$$

と表される。振幅が A である光が振幅反射率 r で反射されるとき、反射光の振幅は rA となる。また、強度の反射率は振幅反射率の 2 乗で与えられる。薄膜を設計して、反射率を低減させることを考える。

(1) 空气中 (屈折率 1) から屈折率 1.5 のガラスに光が垂直入射するとき、振幅反射率 r を求めよ。負の振幅反射率は何を意味するか。また、強度反射率を求めよ。

屈折 n_1, n_2 の 2 つの物質の間に厚さ d で屈折率 n の物質 3 を挟み込んだ。この物質と物質 1, 2 の界面をそれぞれ S_1, S_2 とする。物質 1 の側から振幅 A の光が界面 S_1 に垂直入射している。

(2) S_1 での振幅反射率 r_1 を求めよ。 r_1 の n への依存性をグラフに示せ (ここでは、 $n_1=0$ とする)。また、反射光の振幅 A_0 を求めよ。

この光の界面 S_1 での振幅透過率を t_1 とする。

(3) 界面 S_1 を透過した光の振幅 B_0 を求めよ。

(4) この光が界面 S_2 に垂直入射して反射される。反射光の振幅を求めよ。

この反射光は S_1 に戻り、振幅透過率 t'_1 で透過し、振幅反射率 r'_1 で反射する。

(5) 振幅反射率 r'_1 を求め、 r_1 との関係を示せ。反射光の振幅 B_1 、透過光の振幅 A_1 を求めよ。

次に光路差による位相の変化を考える。

(6) A_0 と A_1 の光路差 L_1 を求めよ。光の波長を λ として、位相差 $\Delta\phi_1$ を求めよ。

このような位相差を考慮すると、上記の反射光の振幅 A' は $A_0 + A_1 e^{i\Delta\phi_1}$ と表される。

(7) B_1 が S_2 で反射されて S_1 を透過する光の振幅 A_2 、その A_0 との光路差 L_2 を求めよ。

(8) 同様に、 S_2 で m 回反射 (S_1 では $m-1$ 回反射) して S_1 を透過する光の振幅 A_m とその A_0 との位相差 $\Delta\phi_m$ を求めよ。

(9) これらを考慮すると、反射光の振幅は $A_0 + A_1 e^{i\Delta\phi_1} + A_2 e^{i\Delta\phi_2} + \dots + A_m e^{i\Delta\phi_m} + \dots$ で表される。これらの和を計算せよ。

(10) この結果を用いて反射光を 0 にするための条件の例を求めよ。

