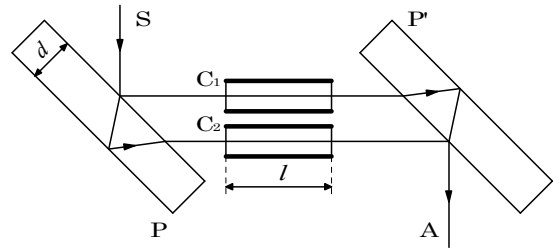


右図は気体や液体の屈折率を求めるために考案されたジャマン干渉計のスケッチである。光源 S から出た光を透明で裏側に反射鏡をもつ平行平板 P に入射角 45° で入射させて 2 つの光に分け、長さが l の透明な容器 C_1 , C_2 を通した後、 P に平行に設置した P' と全く同じ平行平板 P' に入射させて 2 つの光を重ねあわせ、 A 点で光の明るさを観測する。ここで P , P' の屈折率と厚さはそれぞれ n_p , d であるとする。また、容器 C_1 を真空中に排気し、容器 C_2 には気体を導入してその屈折率が n になるように圧力調整できる。真空中を伝播する光の波長と速さをそれぞれ λ_0 , c_0 、空気の屈折率を n_a とする。



- (1) 光はどんな物質中を伝播してもその周期は常に一定である。屈折率が n の気体で満たされている C_2 を伝播しているときの光の波長 λ と λ_0 との関係を示せ。
- (2) C_1 を真空中にし、 C_2 を屈折率 n の気体で満たしたときそれぞれの容器を光が伝播する時間を求め、それぞれの光路長(あるいは光学距離)を示せ。
- (3) P の中を図に示す線に沿って進むときの P 内の光路長を n_a , n_p , d を用いて表せ。
- (4) C_2 も真空中にしたときに観測点 A が明るくなった。次に、 C_2 に徐々に気体を導入すると A 点の明るさも徐々に暗くなり、その後、明暗をくり返して m 回明るくなったとしよう。この現象を説明し、このときの C_2 の中の気体の屈折率 n を式で示せ。

(解説)気体の屈折率は1よりわずかに大きい。気体の屈折率の測定を1つの目的として考えられたものがジャマン干渉計である。容器 C_1 、 C_2 の光路長の差を測定することができ、これより気体の屈折率が求められる。

(1)真空の絶対屈折率は1であるので

$$\frac{\lambda_0}{\lambda} = \frac{n}{1} \quad \therefore \quad \lambda = \frac{\lambda_0}{n} \quad \dots(\text{答})$$

(2) C_1 を通過する時間は $\frac{l}{c_0}$ $\dots(\text{答})$

屈折率 n の媒質中での光の速さは $\frac{c_0}{n}$ であるので C_2 を通過する時間は

$$\frac{l}{\frac{c_0}{n}} = \frac{nl}{c_0} \quad \dots(\text{答})$$

ゆえに光路長は C_1 : l $\dots(\text{答})$

C_2 : nl $\dots(\text{答})$

(光路長は光の経路に沿った距離を光学距離で表したものである。屈折率×幾何学距離で求めることができる。)

(3)図のように、光は空気中から平行平板 P に入射角 45° で入射する。屈折角を r とすると、

P 中での光路長は $\frac{2n_p d}{\cos r}$ である。また屈折の法則より

$$\frac{\sin 45^\circ}{\sin r} = \frac{n_p}{n_a}$$

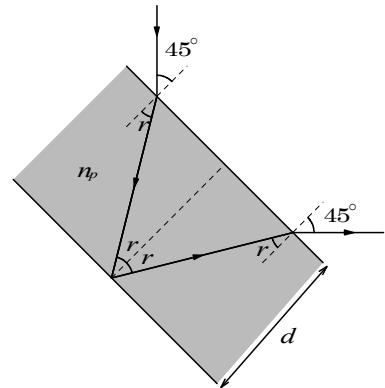
$$\therefore \quad \sin r = \frac{n_a}{\sqrt{2}n_p}$$

これより

$$\cos r = \sqrt{1 - \sin^2 r} = \sqrt{1 - \frac{n_a^2}{2n_p^2}}$$

ゆえに光路長は

$$\frac{2n_p d}{\cos r} = \frac{2n_p d}{\sqrt{1 - \frac{n_a^2}{2n_p^2}}} = \frac{2\sqrt{2}n_p^2 d}{\sqrt{2n_p^2 - n_a^2}} \quad \dots(\text{答})$$



(4) P 内も P' 内も光路長は同じであるので、 A での光の光路差は C_1 、 C_2 での光路差となる。

C_1 、 C_2 がともに真空のとき、光路差は0である。 C_2 に気体を導入する間に屈折率が1から徐々に大きくなり、光路差が波長 λ の整数倍になる毎に A で明るくなる。明暗の繰り返しが m 回であるので、最終的な光路差は $m\lambda$ である。このときの光路差を考えて

$$nl - l = m\lambda_0$$

$$\therefore \quad n = 1 + \frac{m\lambda_0}{l} \quad \dots(\text{答})$$