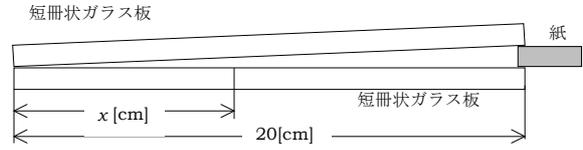


薄膜干渉の公式 屈折率 n 、厚さ d [m] の薄膜に、入射角 i (屈折角 r) で入射した光が薄膜両面それぞれで反射するとき、強め合うときの条件は？

→ []

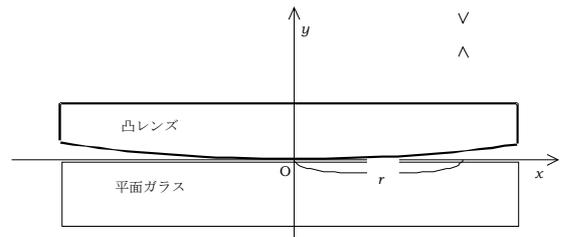
初級 長さ 20[cm] の短冊状の平面ガラスを 2 枚を重ね合わせた後、右端に少しだけ薄い紙を挟んだ。なお、この紙は 100 枚重ねたときの厚さが 8.0[mm] であった。このガラス板の真上から波長 5.0×10^{-7} [m] の黄色の光を



当ててその反射光を観察したところ、ガラス板間の空気層の薄膜干渉により等間隔の縞模様が見えた。

- (1) ガラス板の左端からの距離 x [cm] のところでのガラス板の隙間を求めなさい。
- (2) 明るく見える位置 x [cm] の条件式を示しなさい。
- (3) 明暗の縞模様の間隔を求めなさい。

中堅 曲率半径が 0.80[m] の薄い平凸レンズ (片面が平面の凸レンズ) がある。その凸レンズを凸側を下にして平面ガラスの上に置き、レンズの上部から波長 5.0×10^{-7} [m] の光を当ててレンズの上部から反射光を眺めたところ、レンズと平面ガラスの接点を中心とする同心円状の明るいリング (明環) が多数観察された。レンズと平面ガラスの接点を原点とし、平面ガラスに垂直上向きに y 軸、平面ガラスの上に x 軸をとり、凸レンズの曲率半径を R [m] として次の各問いに答えなさい。



- (1) レンズと平面ガラスの接点からの距離 r [m] での平面ガラスと凸レンズの空気層の厚さを求めなさい。
- (2) 凸レンズの下面での反射は自由端反射になるか、固定端反射になるかを説明しなさい。
- (3) 平面ガラスの上面での反射は自由端反射になるか、固定端反射になるかを説明しなさい。
- (4) レンズと平面ガラスの接点では反射光が強くなる (明るくなる) か、弱く (暗く) なるかを説明しなさい。
- (5) n 番目の明環の半径を数式で示しなさい。
- (6) 板ガラスの下から覗いたときにはどのように見えるかを説明しなさい。

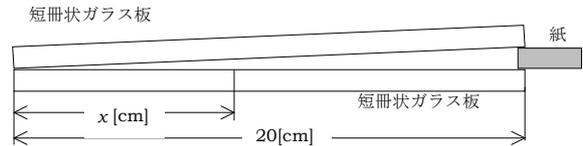
薄膜干渉の公式 屈折率 n 、厚さ d [m] の薄膜に、入射角 i (屈折角 r) で入射した光が薄膜両面それぞれで反射するとき

$$\rightarrow 2nd\sin r = \begin{cases} \frac{\lambda}{2} \times \text{奇数} \cdots \text{明(強め合う)} \\ \frac{\lambda}{2} \times \text{偶数} \cdots \text{暗(弱め合う)} \end{cases} \quad (\text{空気中に薄膜がある場合の反射のとき})$$

※ 反射端の種類(固定端、自由端)により逆になるときがある。

初級 挟んだ紙の厚さは 0.080 [mm] になる。

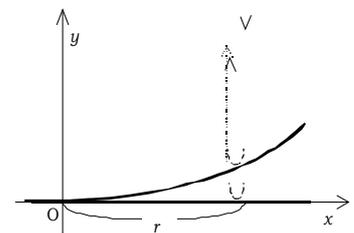
- (1) 紙 1 枚の厚さは 8.0×10^{-5} [m] だ。また、ガラス板の左端からの距離 x [cm] とガラス板の隙間 d [m] は比例する。 $d = \frac{x}{20} \times 8.0 \times 10^{-5} = 4x \times 10^{-6}$ [m] である。



- (2) 上のガラスのかめんでの反射は屈折率大→小だから自由端反射、下のガラスの上面の反射は屈折率小→大だから固定端反射だ。したがって、反射による位相のずれにより条件は反転する。距離の差は空気層の厚さの 2 倍だから、明るく見える位置 x [cm] の条件式は $4x \times 10^{-6} = 5.9 \times 10^{-7} \times \left(m + \frac{1}{2}\right)$ である。

- (3) (2) の条件より、明暗の縞模様の間隔は $x = \frac{5.9 \times 10^{-7}}{4 \times 10^{-6}} = 0.1475$ だから、 1.5 [mm] 間隔である。

中堅 曲率半径が 0.80 [m]、レンズの上部から波長 5.0×10^{-7} [m] の光の場合について考える。レンズと平面ガラスの接点を原点、平面ガラスに垂直上向きに y 軸、平面ガラスの上に x 軸をとり、凸レンズの曲率半径を R [m] とする。



- (1) レンズ下面の曲線の方程式は $(x-0)^2 + (y-R)^2 = R^2$ である。よって、空気層の厚さは $y = R - \sqrt{R^2 - x^2}$ である。また、 $R \gg r$ であるので

$$d = R - \sqrt{R^2 - r^2} = \frac{R^2 - (R^2 - r^2)}{R + \sqrt{R^2 - r^2}} \cong \frac{r^2}{2R} \text{ と近似できる。よって、空気層の厚さ } d \text{ [m] は } d = \frac{5}{8} r^2 \text{ だ。}$$

- (2) 凸レンズの下面での反射はガラス ($n > 1$) から空気 ($n = 1$) での反射だから、屈折率大→小への反射は自由端反射だから、凸レンズの下面での反射は「自由端反射」になる。
- (3) 平面ガラスの上面での反射は空気 ($n = 1$) からガラス ($n > 1$) での反射だから、屈折率小→大への反射は固定端反射になる。したがって、平面ガラス上面での反射は「固定端反射」になる。
- (4) 反射端の効果で明暗条件は反転。よって、「距離の差が波長の整数倍で暗くなる」ので、距離の差がゼロになるレンズと平面ガラスの接点(原点)では、波長のセロ(整数)倍に相当するので中央は暗くなる。
- (5) 明るくなる条件は「距離の差が波長の(整数+0.5)倍」だから、 $\frac{5}{8} r^2 \times 2 = 5.0 \times 10^{-7} \times \left(m + \frac{1}{2}\right)$ (ただし、 m は整数) である。したがって、 n 番目の明環の半径 r_n [m] とすると、 $r_n = \sqrt{2 \times 10^{-7} \times (2n - 1)}$ である。
- (6) 板ガラスの下から覗いたとき、反射端の種類が固定端が 2 回になり、反転の反転で元に戻る。距離の差は同じになるので、同心円が明暗のが逆転する。