

1. 目的

単色光で照明したときのニュートン環の直径から，凸レンズ面の曲率半径を求める．

2. 原理

図 1 において，凸レンズと平面ガラス板の接点付近の断面を考えると，

$$r^2 = d(2R - d) \quad (1)$$

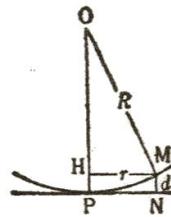


図 1 ニュートン環

ここで， R は凸レンズ面の曲率半径， d は M 点における空気または液体層の厚さである． $R \gg r$ であるので， d の 2 乗の項を省略して，

$$r = \sqrt{2Rd} \quad (2)$$

いま，凸レンズ面から反射される光と，平面ガラス板の表面から反射する光の光路差を Δ とすれば，

$$\Delta = 2nd = m\lambda \quad (3)$$

が成立するとき，この部分は暗く見える．ただし n は薄層を満たす媒質の屈折率で，凸レンズ及び平面ガラス板の屈折率より小さいものとする*1． m は干渉じま次数 ($m = 0, 1, 2, \dots$) である．式 (2)，式 (3) からニュートン環の半径 r は，

$$r = \sqrt{\frac{m\lambda R}{n}} \quad (4)$$

3. 使用器具

スペクトル光源用ナトリウムランプ及びスターター，円孔のある衝立，凸レンズ，裏面をすりガラスにして黒いラッカーを塗り，この面から光の反射を防いだ平面ガラス板，曲率半径測定用の平凸レンズ，接眼移動測微計つきの低倍率顕微鏡（倍率数十倍程度，半透明鏡付属）．

4. 装置

(a) 図 2 のように配置する．

*1 薄層を満たす媒質の屈折率が，これを挟む 2 つの媒質（凸レンズと平面ガラス）それぞれの屈折率の中間の値をとる場合は，反射の位相の関係が 2 つの面について同一で， $\Delta = m\lambda$ が成立する部分は明るくなる．

- (b) S はスペクトル光源用ナトリウムランプで，凸レンズ L_0 の焦点位置におく．
- (c) H はニュートン環を垂直に照明観察するための半透明鏡で，実際はガラス板である．
- (d) L は曲率半径を測定しようとする平凸レンズで，上面をわずかに傾けて平面ガラス板 P にコンパウンドで固定し，顕微鏡の載物台に乗せる．
- (e) 衝立 T は，ランプ S から直接光によって L, P が照明されるのを防ぐためのものである．
- (f) 顕微鏡の対物レンズ L_1 ，測微目盛 M，接眼レンズ L_2 は一体となって上下する．対物レンズにより，ニュートン環の実験が測微目盛の位置に作られる．
- (g) 接眼レンズを観測者の視度に従って，測微目盛がはっきり見えるように調節すれば，測微目盛によってニュートン環の実像の直径を測定することができる．

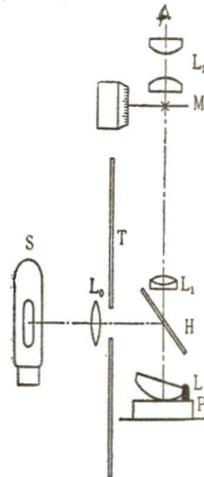


図 2 実験装置

5. 実験方法

光学系の調整は次の順序で行う．凸レンズ及び平面ガラス板 P を所定の位置におき，接眼レンズ L_2 をのぞきながら，半透明鏡 H を視野が明るくなるように調整する．接眼レンズ L_2 を測微目盛 M がはっきり見えるように調整する．顕微鏡を上下して L 及び P の接する面に焦点を合わせる．L をのせたまま，P の位置をニュートン環が視野の中央に見えるように調整する．測微目盛を用いて，ニュートン環のレンズ L_1 による実像の直径を測定すれば，像の直径 $2r$ の 2 乗と干渉じま次数 m との間には図 3 (a) のような関係が得られる．その直線勾配 $\tan \alpha$ は，式 (4) から分かるように，

$$\tan \alpha = \frac{4r'^2}{m} = \frac{4\beta^2 r^2}{m} = \frac{4\beta^2 \lambda R}{n} \quad (5)$$

ここで n は空気の屈折率^{*2}, β は対物レンズ L_1 の横倍率^{*3}, λ はナトリウムのスペクトル線の波長である.

図3 $(2r')^2$ と m の関係

6. 結果

表1 にニュートン環の測定結果を示す.

表1 ニュートン環の測定値

干渉しま次数	右側の縞の位置 [mm]	左側の縞の位置 [mm]
1	136.0	145.1
2	134.0	147.2
3	132.5	148.7
4	131.8	150.0
5	130.4	151.1
6	129.1	152.1
7	128.2	153.0
8	127.3	154.0
9	126.6	154.8
10	125.7	155.6
11	124.9	156.3
12	124.2	157.1
13	123.5	157.8
14	122.8	158.4
15	122.1	159.1
16	121.5	159.7
17	120.9	160.3
18	120.3	160.9
19	119.7	161.5
20	119.2	162.1

*2 ナトリウムランプの波長 $5893\text{\AA}[\text{nm}] = 5893 \times 10^{-7}[\text{mm}]$ の光に対する空気の屈折率は 1.000292 であるから $n = 1$ として差し支えない.

*3 今回は $\beta = 1$ とする.

次に、表 1 の値よりニュートン環の直径 $2r$ を求め、式 (4) を用いて凸レンズ面の曲率半径を求める。また、 $(2r)^2$ も求める。例えば、干渉じま次数 1 のときの値を用いると、

$$\begin{aligned}
 2r &= (\text{左側の干渉縞の位置}) - (\text{右側の干渉縞の位置}) \text{ より} \\
 &= 145.1 - 136.0 \\
 \therefore 2r &= 9.10[\text{mm}] \\
 \therefore (2r)^2 &= 82.81[\text{mm}^2] \\
 R &= \frac{r^2 n}{m\lambda} \text{ より} \\
 &= \frac{(9.10/2)^2 \times 1}{1 \times 5893 \times 10^{-7}} \\
 \therefore R &= 35130.66[\text{mm}]
 \end{aligned}$$

そして以下同様に行い、表 2 に示す。

表 2 ニュートン環の直径と凸レンズ面の曲率半径

干渉じま次数	$2r[\text{mm}]$	$(2r)^2[\text{mm}^2]$	$R[\text{mm}]$
1	9.1	82.81	35130.66
2	13.2	174.24	36959.10
3	16.2	262.44	37111.83
4	18.2	331.24	35130.66
5	20.7	428.49	36355.85
6	23.0	529.00	37403.13
7	24.8	615.04	37274.25
8	26.7	712.89	37803.86
9	28.2	795.24	37485.15
10	29.9	894.01	37926.78
11	31.4	985.96	38025.08
12	32.9	1082.41	38266.09
13	34.3	1176.49	38392.68
14	35.6	1267.36	38403.92
15	37.0	1369.00	38718.25
16	38.2	1459.24	38691.03
17	39.4	1552.36	38738.88
18	40.6	1648.36	38849.29
19	41.8	1747.24	39012.39
20	42.9	1840.41	39038.05

また、表 2 の m と $(2r)^2$ の関係を表したグラフを図 4 に示す。

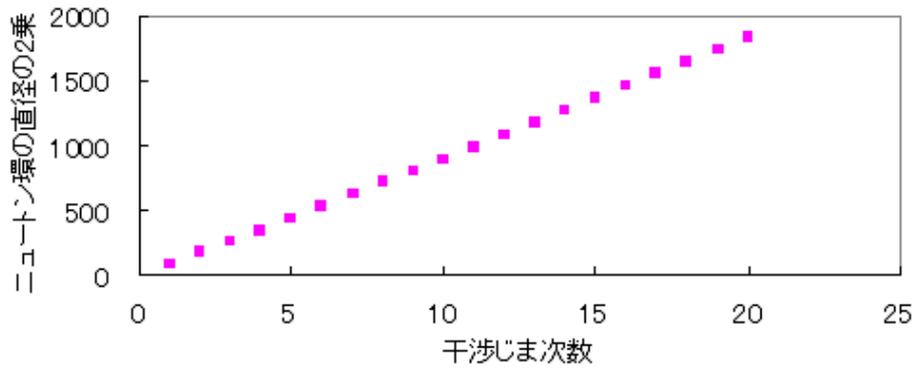


図4 $(2r)^2$ と m の関係

7. 考察

図4のグラフから，ニュートン環の直径の2乗 $(2r)^2$ は干渉じま次数 m に比例することが分かる．

そして，表2の値を用いて凸レンズ面の曲率半径 R の平均 \bar{R} を求めると，

$$\bar{R} = \frac{35130.66 + 36959.10 + 37111.83 + \cdots + 39012.39 + 39038.05}{20} \text{ より}$$

$$\therefore \bar{R} = 37735.85[\text{mm}]$$

となる．式(5)よりグラフの傾き $\tan \alpha$ を求めると，

$$\tan \alpha = \frac{4\beta^2 \lambda R}{n} \text{ より}$$

$$= \frac{4 \times 1^2 \times 5893 \times 10^{-7} \times 37735.85}{1}$$

$$\therefore \tan \alpha = 88.95$$

であるから，式で表すと，

$$(2r)^2 = 88.95m$$

となる．

また，グラフの傾きの角度 α は，

$$\alpha = \arctan 88.95 \text{ より}$$

$$\therefore \alpha = 89.36^\circ$$

であることが分かる．