

ニュートンリング実験器

【目的】

平凸レンズと平面ガラス板を組み合わせ、単色光源を当ててニュートンリングをつくり、リングの大きさを測定する実験器です。通常、次のいずれかの目標で測定実験を行います。

1. ナトリウムランプの単色光を用いて、ニュートンリングをつくり、その大きさを測ってレンズの曲率半径を求める。
2. 曲率半径のわかっているレンズを用い、単色光を当ててニュートンリングをつくり、その大きさを測って単色光の波長を求める。

【原理】

平面ガラス板の上に平凸レンズの凸面を下向きにして載せ、凸面と平面の間に薄い空気層を作ると、空気層の厚さの違いで同心円状の干渉縞が得られます。

光をガラス板に垂直に上から入射したとき、レンズの下面で反射した光と、ガラス板の上面で反射した光が干渉します。

レンズとガラス板の間の空気層は極めて薄いので、入射光と反射光を平行と見なすと、光路差は光の当たった所の空気層の厚さ (d) の2倍となります。

図1において、レンズの凸面の曲率半径を R 、ガラス板との接点 O から光の入射点 A までの距離を r とすると、幾何学的につきの関係が成立します。

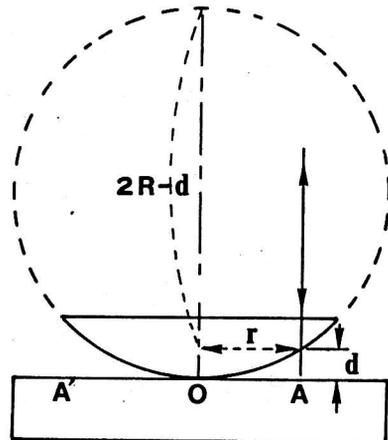


図 1

$$r^2 = (2R - d)d = 2Rd \qquad 2d = \frac{r^2}{R}$$

下のガラス板の上面で反射した光は、光学的に粗な媒質（空気）から、密な媒質（ガラス）に向かう境界面で反射するので、固定端の反射となり、位相が反転します。従って光路差 ($2d$) が光の波長 (λ) の整数倍のときは、反射光は干渉して暗くなり、この関係の成立する r の値 r_m は次のようになります。

$$\frac{r_m^2}{R} = m\lambda$$

$$r_m^2 = m\lambda R \qquad m = 0, 1, 2, 3, \dots$$

ガラス板を上方から見ると、この条件の成り立つ所は干渉して暗くなるため、ガラス板の接点を中心とし、 r_m を半径とする暗い円が見られることとなります。

測定実験においては、ガラスの凸面と平面が正確に接していないことを考慮し、その差を x とおくと、光路差は $2d + 2x$ となり、

$$\frac{r_m^2}{R} + 2x = m\lambda$$

$$r_m^2 = m\lambda R - 2xR \quad m = 0, 1, 2, 3, \dots$$

m 番目の r_m と、 $m+n$ 番目の r_{m+n} を測定すると、 x を消去することができて、次の関係が得られます。

$$r_m^2 = m\lambda R - 2xR, \quad r_{m+n}^2 = (m+n)\lambda R - 2xR$$

$$\lambda R = \frac{r_{m+n}^2 - r_m^2}{n}$$

【構造】

図のように、マイクロメーター付きの移動顕微鏡、ハーフミラー、レンズ容器付きのレンズ支持台で構成されており、これらが金属製のスタンドにセットされています。顕微鏡の倍率は約10倍で、マイクロメーターで左右に移動できます。また、マイクロメーターの測定範囲は0~25mmで、精度は0.01mmです。

レンズ容器は、レンズ支持台にセットされていますが、支持台の下方のねじをゆるめると左右に移動できます。なお、レンズ容器はさらにスライドして移動できる構造となっています。

ほかに、曲率半径2000mmの平凸レンズと、平面ガラス板が付属しています。

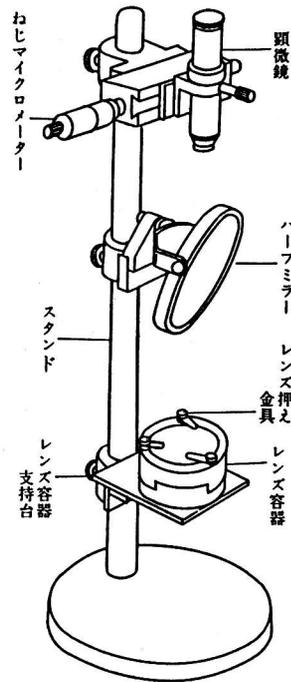


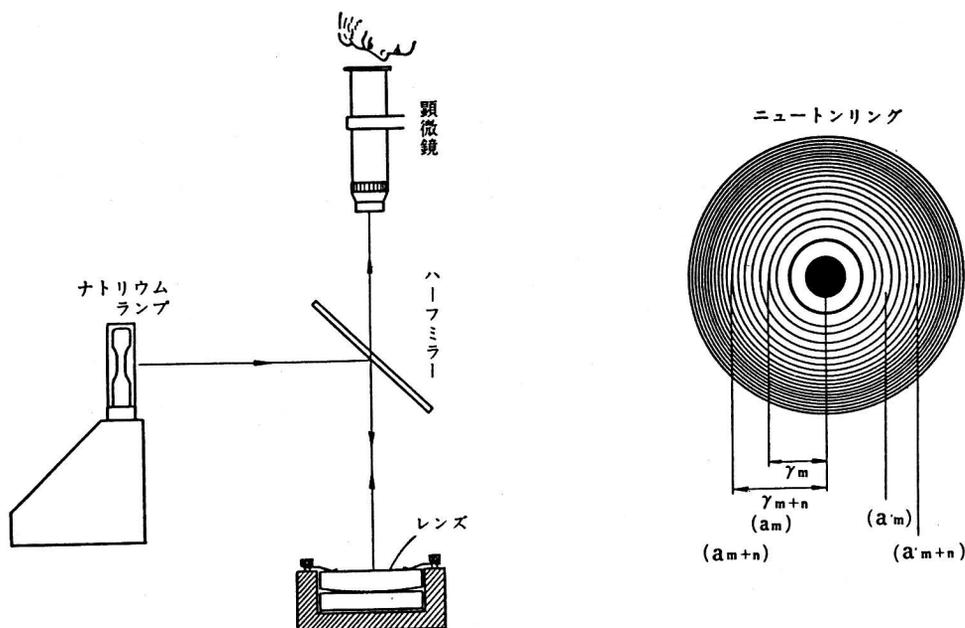
図 2

【準備】

1. 図2のように、付属のレンズの凸面を下にして平面ガラス上に重ね、レンズ容器に入れてレンズ押え金具で軽く固定します。

2. 単色光源（ナトリウムランプ）を点灯し、その光をスタンドの支柱の反対側から、 45° に傾けたハーフミラーに入射しガラス板に当てます。肉眼でもレンズの中心付近に、小さい同心円状のニュートンリングが見られます。
3. 初めに、顕微鏡の視野の中の十字線がはっきり見えるように、接眼部を回してピントを合わせます。また、顕微鏡のストッパーは鏡筒の中程に固定します。
4. 移動顕微鏡付属のマイクロメーターの最大目盛りは、 $0\sim 25\text{mm}$ ですから、初めは目盛りを0付近の位置にして、顕微鏡の視野の中央にニュートンリングの中心がくるように、レンズ容器の位置を調整します。
5. 顕微鏡とレンズの距離を適当にきめてから、接眼部を回さずに上下して、視野にピントを合わせます。
6. 鏡筒固定ねじをゆるめてから、マイクロメーターのねじを回して、視野が十字線の横の線に沿って動くように、十字線の傾きを調整し、鏡筒固定ねじを固定します。

注. 暗輪の直径を測定して、半径 r を算出する方法もあります。直径を測定するときは、位置の調整のとき、マイクロメーターの目盛りを中央付近 (12mm) にして、視野の中央にニュートンリングを置くようにします。



【測定】

以下、単色光源にナトリウムランプを用い、その波長を既知のものとし、レンズの凸面の曲率半径を求める実験を行うものとして記述します。

1. 初めに顕微鏡を左右に動かし、十字線の縦の線をリングの中心に合わせてから、各部を固定し、マイクロメーターの目盛りを読みとります。読み取った数値を a とします。

2. マイクロメーターのねじを回して、十字線の縦の線を内側からm番目の暗輪に合わせて、マイクロメーターの目盛りを読み取ります。読み取った数値をbとします。

マイクロメータの円錐目盛りの単位は 0.01mm ですから、測定した a, b から m 番目の暗輪の半径は、つぎのようになります。

$$r_m = (b - a) \times 0.01 \text{ mm}$$

3. 同様にして、(m+n) 番目の暗輪の半径 r_{m+n} を測定します。

4. ナトリウムのD線の波長を λ (mm) とすると、凸面の曲率半径は次のようになります。

$$R = \frac{r_{m+n}^2 - r_m^2}{n \lambda} \quad [\text{mm}]$$

【測定例】

マイクロメータの目盛り : 円筒部と円錐部 → 0.01mm 単位の数

リングの中心 (a) : 0 と 25 → 25

4番目の暗輪 (b_m) : 2 と 21 → 221

9番目の暗輪 (b_{m+n}) : 3 と 39 → 339

$$r_m = (221 - 25) \times 0.01 = 1.96 \text{ (mm)}$$

$$r_{m+n} = (339 - 25) \times 0.01 = 3.14 \text{ (mm)}$$

$$\lambda = 5.893 \times 10^{-4} \text{ (mm)} : \text{ナトリウムのD線の波長}$$

$$R = \frac{3.14^2 - 1.96^2}{(9-4) \times 5.893 \times 10^{-4}} = 2042 \text{ (mm)}$$

【注】

1. この実験は、他の光源からの強い光を受けないようにすれば、暗室でなくても行うことができます。
2. 測定に用いる平凸レンズと平面ガラス板は、ほこりの少ない場所で、よく洗った柔らかい木綿の布、または脱脂綿で拭き、すぐに組み合わせて下さい。
3. ハーフミラーは表面に直接手を触れないようにして下さい。