

第一回 光学実験

実施日 2014/04/11(金) 14:00~14:30

1. 目的

回折格子にレーザーを当て、測定された1次回折角と反射角の値より回折の式を用いてレーザーの波長を求める。レーザーの実際の波長と比較することで式が成り立っていることを確認し、回折の現象を理解する。

2. 実験器具

レーザーダイオード (波長: 635 ± 5 nm) 1台

アパーチャー 2台

回折格子(2000 l/mm) 1台

スクリーン 2台

3. 実験手順

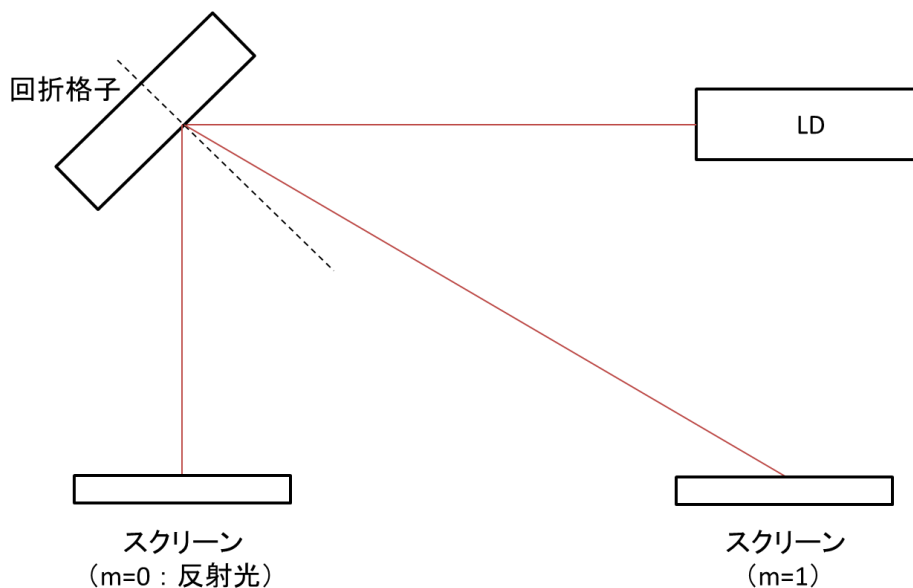


図1. 実験系の概略図

実験装置を上から見た様子を図1に示す。

- ① ロッドの長さを調節し、レーザー高さを195mmに設定後、2台のアパーチャーにレーザーを通すことによってレーザーが定盤と水平に飛ぶようにする。
- ② レーザーを回折格子に当て、反射光が入射光と 90° を成すように回折格子の角度を

調整し、反射光と1次回折光をそれぞれスクリーンに当てる。

- ③ 反射角、1次の回折角を測定・計算し、求めた角度から回折の式によりレーザーの波長を求める。
- ④ 実際のレーザーの波長と計算によって求められた波長を比較し、回折の式が成り立つことを確認する。

4. 実験結果

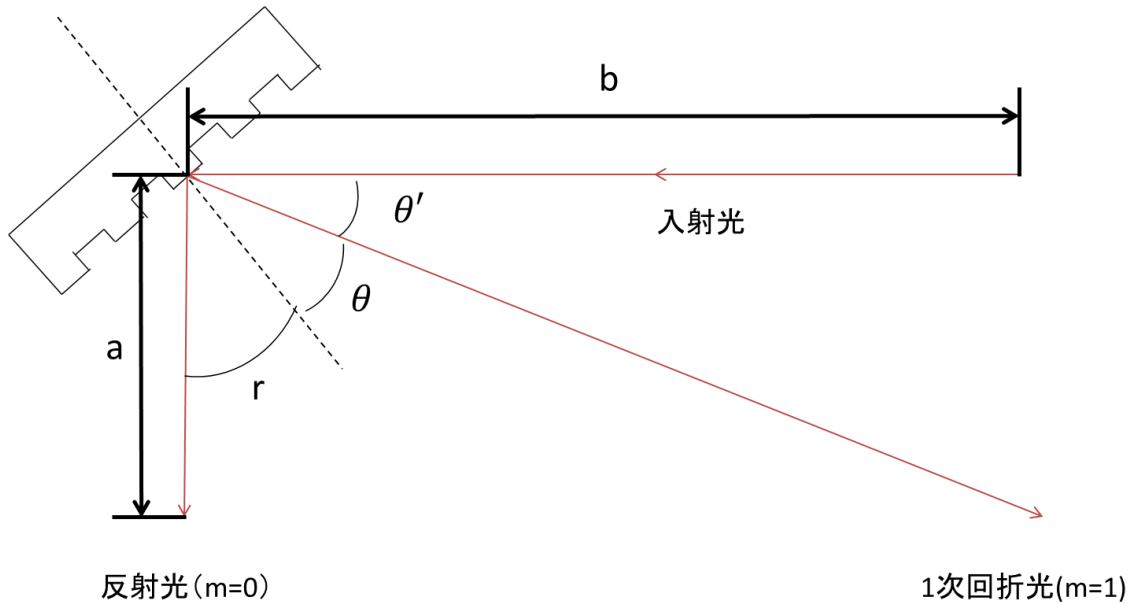


図2. 反射光と1次回折光

図2に実験で測定した反射光と1次回折光の角度関係を示す。反射角を r 、1次回折角を θ とする。また、 a と b の長さはそれぞれ125(mm)、600(mm)であると測定された。今回、反射光は入射光と 90° を成すように調節してあるので、

$$(\text{入射角}) = (\text{反射角})$$

の関係より、

$$r = \theta + \theta' = 45^\circ$$

であることが分かる。また、 θ' は直角三角形が辺 a と辺 b によって作る角であるといえるので、三角関数より

$$\theta' = \tan^{-1} \frac{a}{b} = \tan^{-1} \frac{125(\text{mm})}{600(\text{mm})} = 11.768^\circ$$

よって、回折角 θ は

$$\theta = r - \theta' = 45^\circ - 11.768^\circ = 33.272^\circ$$

であると計算できる。ここで、回折角 θ と反射角 r の関係は、回折の式より

$$\sin \theta + \sin r = m\lambda p \quad (m: \text{モード数 } \pm 1, \pm 2, \dots, p: \text{格子数 } 1/\text{mm})$$

である。これを式変形し、 λ について解くと、

$$\lambda = \frac{\sin \theta + \sin r}{mp} = \frac{\sin(33.272) + \sin(45)}{1 \times 2000(l/mm)} = 6.2786 \times 10^{-4}(mm) \cong \underline{628(nm)}$$

と求められる。

この値と実際のビームの波長を比較すると、 $635 \pm 5(nm)$ と $628(nm)$ であり、誤差はあるもののほぼ同じ値が得られたことが分かる。よって、回折の式は成り立つといえる。

5. 考察

今回の実験では、計算で得られた波長と実際の波長には少し誤差が生じてしまった。これは、実験装置の設置をする際に生じた読み取り誤差のためであると思われる。仮に今回生じた誤差が辺 b の長さであったと仮定した場合、 $\lambda = 635(nm)$ として b の長さを逆算で求めると、

$$\sin \theta = m\lambda p - \sin r = 1 \times 6.35 \times 10^{-4} \times 2000 - \sin(45) = 0.563$$

$$\therefore \theta = \sin^{-1}(0.563) = 34.256^\circ$$

$$\theta' = r - \theta = 45 - 34.256 = 10.744^\circ$$

$$b = \frac{a}{\tan \theta'} = \frac{125}{\tan(10.744)} = \underline{658.77(mm)}$$

となり、辺 b の読み取りに $58.77(mm)$ の誤差が生じたことになるので現実的ではないと思われる。よって、辺の長さの読み取りに誤差はないものとする。

次に、反射角の値 r が 45° でなかったと仮定する。 $r = 45.5^\circ$ であり、その他の読み取り値に誤差はなかったものとして λ を求めると、

$$\theta = r - \theta' = 45.5 - 11.768 = 33.732$$

$$\therefore \lambda = \frac{\sin \theta + \sin r}{mp} = \frac{\sin(33.732) + \sin(45.5)}{1 \times 2000(l/mm)} = 6.343 \times 10^{-4}(mm) \cong \underline{634(nm)}$$

となる。この値は実際のビームの波長である $635(nm)$ に極めて近い値である。よって、今回の実験において誤差が生じていたのは角度の設定であったと思われる。