

Date of Lab 5 / 15Date of Submission 5 / 22

Physics Laboratory Report

Title 表題

回折格子による干渉、全反射、偏光、レンズ

Author

著者

Class

K

Name

氏名

飯塚 雅子

Co-workers

水野 友佳理

共同実験者

Summary

回折格子や偏光板，さまざまな種類のレンズなどを使って
光の干渉，偏光，レンズとそれによてできる像を
観察し，考察してその仕組みを理解した。



追加／修正

・ 締切り守って ・ 論理的に ・ わかりやすく ・ 自分のことばで

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Due 提出期限	Summary 要旨	Intro. 序	Exp. 実験	Results/Disc. 結果/考察	Table/Fig. 表/図	Concl./Opinion 結論/感想	Clearness わかりやすさ	Others 他
<u>9)</u>	<u>+</u>			<u>+++</u>	<u>+</u>		<u>+</u>	

* レポートは、日本語あるいは英語で記載すること。 * この用紙をレポートの表紙として使うこと。

* 実験日から一週間目にあたる日までにレポートを提出すること。ただし、その後内容を付け加えて行っても良い。付け加えたときは、上に日付と内容を書くこと。

2. 序

(1) 目的

回折格子や偏光板、さまざまな種類のレンズなどを使って光の干渉、偏光、レンズとそれによってできる像を観察し、その仕組みや理論を理解するため。

(2) 理論

回折格子・・・ガラスなどの表面に 1cm あたり 500～10000 本のみぞを刻んだもの

格子定数・・・となりあうみぞの間隔

凸レンズ・・・中心部が周辺部よりも厚いレンズ

凹レンズ・・・中心部が周辺部よりも薄いレンズ

光軸・・・レンズの中央部で表面に垂直な直線

偏光板・・・特定方向に偏光、又は偏波した光だけに限って通過させる板

《ヤングのダブルスリットによる光の干渉》

$$|\ell_1 - \ell_2| = d \sin \theta = 2m \cdot \frac{\lambda}{2}$$

$$\Delta x = \frac{\ell}{d} \lambda$$

Δx : となりあう明線間の距離

d : スリット間隔

ℓ : スリットからスクリーンまでの距離

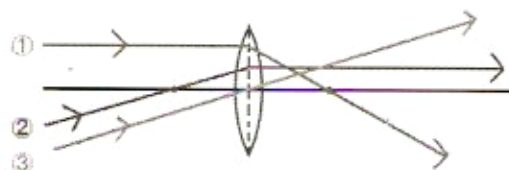
λ : 光の波長

《レンズによる像の作図》

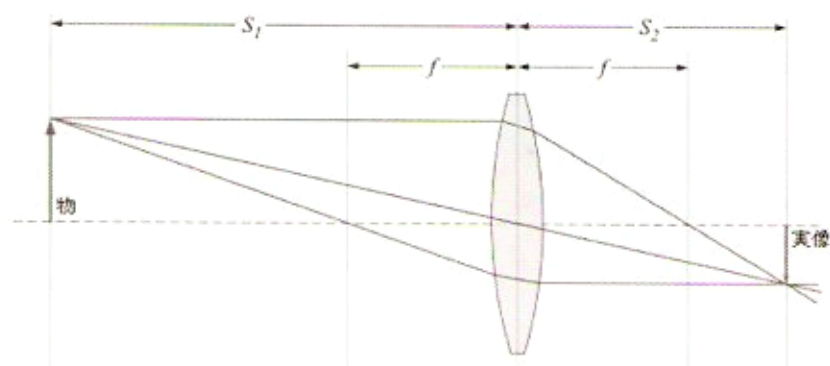
凸レンズ ①光軸に平行な光線は、凸レンズを通ったあと、焦点をとる。

②焦点を通る光線は、凸レンズを通ったあと、光軸に平行に進む。

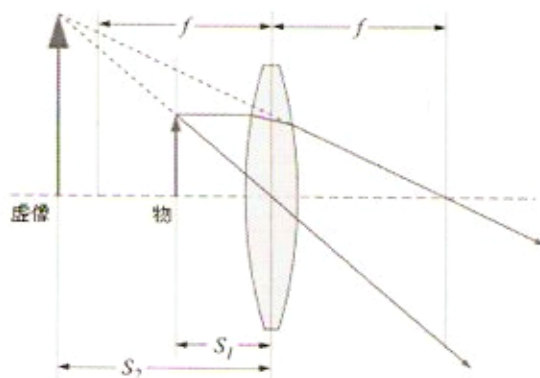
③凸レンズの中心を通る光線は、そのまままっすぐ進む。



凸レンズにおいて、上の規則通りに作図すると、焦点より遠いところに置かれた物体の像は下図のようになる。像は物体を逆立ちさせたような像になる。この位置にスクリーンを置くと実際に映し出されるのでこの像は実像である。

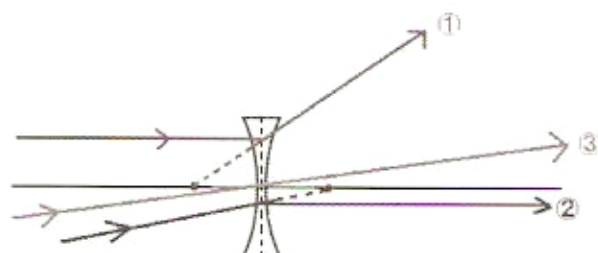


凸レンズにおいて、上の規則通りに作図すると、焦点より近いところに置かれた物体の像は下図のようになる。物体から出た光線はレンズを通ったあと拡散してしまうのでレンズの右側に像はできない。しかしレンズの右側からレンズの方向をみると像があるように感じる。このような像は光線が集まってできた像ではなく、人間が脳内で感じる虚像であり、スクリーンを置いても映し出されない。

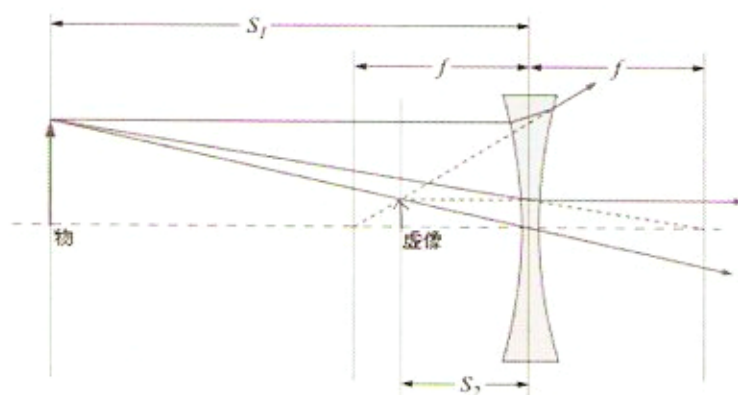


凹レンズ

- ① 光軸に平行な光線は、凹レンズを通ったあと、レンズ手前にある焦点から出たように進む。
- ② レンズ後方の焦点に向かう光線は、凹レンズを通ったあと、光軸に平行に進む。
- ③ 凹レンズの中心を通る光線は、そのまままっすぐ進む。



上の規則通りに作図すると、凹レンズの場合は物体を焦点より近くに置いても遠くに置いても正立像の虚像ができる。



《レンズの公式》

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \quad \text{倍率 } m = \frac{|b|}{a}$$

a: 物体からレンズの中心までの距離

b: 像からレンズの中心までの距離

f: 焦点からレンズの中心までの距離

	凸レンズ		凹レンズ
焦点距離 f	$f > 0$		$f < 0$
物体の位置 a	焦点より遠くに置いたとき $a > f$	焦点より近くに置いたとき $a < f$	焦点との位置に無関係
像の位置 b	物体からみてレンズの向こう側 $b > 0$	物体からみてレンズのこちら側 $b < 0$	物体からみてレンズのこちら側 $b < 0$
像の種類	倒立実像	大きい正立虚像	小さい正立虚像
倍率 m	a と $2f$ の関係により 3通り	$m > 1$ ($a < b$)	$m < 1$ ($a > b$)

3. 実験

(1) 使用器具

ヘリウム・ネオンレーザー (632.8nm)

回折格子

布スケール (メジャー)

3D 映画用眼鏡

鏡

凹レンズ

凸レンズ

凹面鏡

凸面鏡

偏光板

プラスチックのいちごパック

(2) 実験方法

③ 種類の回折格子を通したヘリウム・ネオンレーザーをスクリーンにうつして、回折格子とスクリーンの距離と回折光のスポット間隔を測定する。それを理論式と比較する。

- 格子定数が 100 lines/mm
- 格子定数が 300 lines/mm
- 格子定数が 600 lines/mm

②3D 映画用眼鏡をかけて

- 鏡を見ながら片目をつぶる。
- ふたりで相手の顔を見ながら片目をつぶってみる。

③いろいろなレンズや鏡を観察し違いを確認する。

- 凸レンズ
- 凹レンズ
- 凸面鏡
- 凹面鏡

④偏光板を 2 枚あるいは 3 枚重ねて明るさの変化を観察する。

- 偏光板 2 枚を重ねて、重ねる向きを変えてみる。
- 偏光板を 3 枚重ねてみる。

⑤偏光板を使って偏光している光を見つける。

⑥2 枚の偏光板の間にプラスチックフィルムなどを入れて、偏光が変化した
り、色がついたりする様子を観察する。

⑦ライトボックスとレンズを使って、焦点距離を求める。

4. 実験結果 / 5. 考察

①a. 格子定数が 100lines/mm のとき、回折光のスポット間の間隔は 4.5cm で、
回折格子とスクリーンの距離は 64.5cm だった。

ヤングのダブルスリットによる光の干渉の実験におけるスリット間隔 d を
格子定数として考えると、序で記した理論式より

$$\Delta x = \frac{l}{d} \lambda$$

結果の値をあてはめると

$$d = \frac{0.1 \text{ cm}}{100} = 0.001 \text{ cm}$$

$$\Delta x = 4.5 \text{ cm}$$

$$\frac{l}{d} \lambda = \frac{64.5 \text{ cm}}{0.001 \text{ cm}} \times 632.8 \text{ nm}$$

$$= 64500 \times 63.28^{-9} \text{ m}$$

$$= 0.04081560 \text{ m} = 4 \text{ cm}$$

誤差はあるが、理論式が成り立っていることがわかる。



- b. 格子定数が 300lines/mm のとき、回折光のスポット間の間隔は 12cm で、回折格子とスクリーンの距離は 63cm だった。

結果の値をあてはめると

$$d = \frac{0.1\text{cm}}{300} = 0.00033\text{cm}$$

$$\Delta x = 12\text{cm}$$

$$\frac{l}{d}\lambda = \frac{63\text{cm}}{0.00033\text{cm}} \times 632.8\text{nm}$$

$$= 190909 \times 63.28^{-9}\text{m}$$

$$= 0.12080721\text{m} = 12\text{cm}$$

理論式が成り立っていることがわかる。



- c. 格子定数が 600lines/mm のとき、回折光のスポット間の間隔は 25cm で、回折格子とスクリーンの距離は 63cm だった。

結果の値をあてはめると

$$d = \frac{0.1\text{cm}}{600} = 0.00016\text{cm}$$

$$\Delta x = 25\text{cm}$$

$$\frac{l}{d}\lambda = \frac{63\text{cm}}{0.00016\text{cm}} \times 632.8\text{nm}$$

$$= 393750 \times 63.28^{-9}\text{m}$$

$$= 0.24916500\text{m} = 24.9\text{cm}$$

誤差はあるが、理論式が成り立っていることがわかる。



- ▶▶ 回折格子のみぞが増えると（格子定数が小さくなると）スポット間の間隔は大きくなった。

理論式より $\Delta x = \frac{l}{d}\lambda$ で、格子定数 d とスポット間の間隔 Δx は反比例している

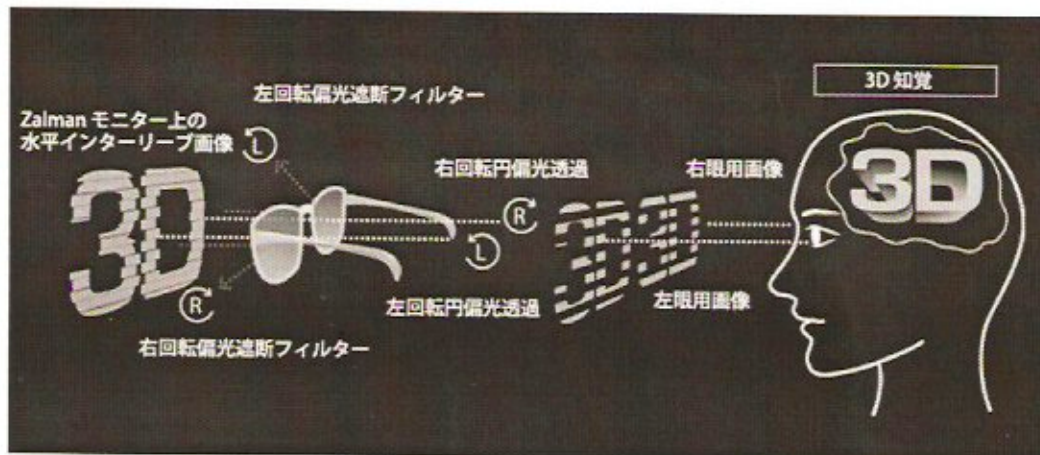
ので、回折格子のみぞが増えると、スポット間の間隔は大きくなる。

- ▶▶ 回折格子とスクリーンの距離を縮めるとスポット間の間隔も小さくなった。

理論式より $\Delta x = \frac{l}{d}\lambda$ で、回折格子とスクリーンの距離 l とスポット間の間隔

Δx は比例しているため、回折格子とスクリーンの距離を縮めると、スポット間の間隔も小さくなる。

- ②a. 3D 映画用眼鏡をかけて鏡を見ながら片目をつぶると、つぶっている方の眼鏡は透明に見えて、開けている方の目は真っ黒に見えた。両目を開けると少しにごったような透明に見えた。
- b. 3D 映画用眼鏡をかけてふたりで相手の顔を見ながら片目をつぶってみると、相手が目の動きに関係なく、自分の開いている方の目側の相手の眼鏡が真っ黒に見えて、自分のつぶっている方の目側の相手の眼鏡が透明に見えた。
- ▶▶ 鏡を見たとき、なぜ目を開けている方の眼鏡は真っ黒に見えて、つぶっている方の眼鏡は透明に見えるのか。
- 3D 映画用眼鏡は左右それぞれ逆方向の円偏光フィルターになっている。右目に着目すると、右目側が右回りの円偏光を通す。右目側のフィルターを中から外へ逆向きに通った光は、右回りの円偏光になる。この右回りの円偏光が鏡に反射すると、回転の向きは変わらないのに光の進行方向が変わるため、左回りの円偏光に変わる。その結果、右目側のフィルターを通過できなくなるから。
- ▶▶ ふたりで向き合って片目をつぶると、自分の開いている方の目側の相手の眼鏡が真っ黒に見えるのはなぜか。
- 眼鏡の左右で通す光の向きがちがって、ふたりで向き合っているので、自分の左側のフィルターと相手の右側のフィルター、または自分の右側のフィルターと相手の左側のフィルターが同じ方向の光を通すから。反対に対応していない方のフィルターには光を通さないから。





上の写真は、3D 映画用眼鏡を重ね合わせたときの様子。前の考察に書いたように、同じ種類のレンズ同士だと光を通して透明に見えるが、ちがう種類のレンズをあわせると光を通さないので真っ黒に見えた。

④a. 凸レンズ

このレンズを通して文字を見ると、虫眼鏡のように文字が大きく見えた。中心部がよりふくらんでいるレンズの方がその効果が大きく、文字が大きく見えた。下の写真で左のレンズのほうが凸になっていて、文字も大きく見えている。

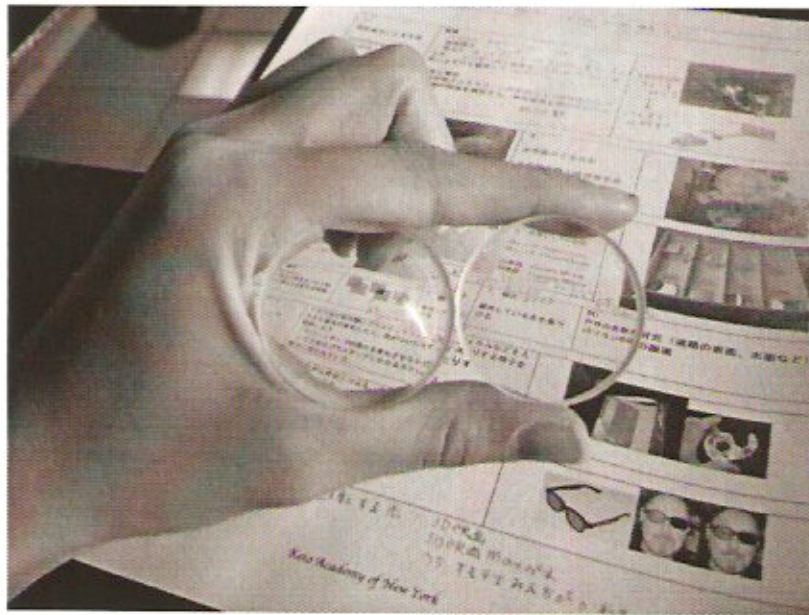


▶▶なぜ凸レンズを通して近いものを見ると拡大されて見えるのか。

物体が焦点とレンズの間にあるとき、序で記した作図の方法で作図をすると実物の物体よりも大きい虚像ができるから。

b. 凹レンズ

このレンズを通して文字を見ると、文字が小さく見えた。中心部がよりへこんでいるレンズの方がその効果が大きく、文字が小さく見えた。下の写真で左のレンズのほうが凹になっていて、文字も小さく見えている。



▶▶なぜ凹レンズを通して近いものを見ると縮小されて見えるのか。

物体の焦点との位置に関係なく、序で記した作図の方法で作図をすると実物の物体よりも小さい虚像ができるから。

▶▶なぜレンズの厚みが変わると見える文字の大きさが変わるのか。

焦点距離が変わるから。第1面で屈折した光線が、レンズ内部を進むときに、レンズの厚さが厚いと光軸までの距離が変わって、第2面に入る高さが変わって、第2面の面に対する入射角度が変わって、第2面での屈折角度がかわるので、焦点距離も影響を受ける。

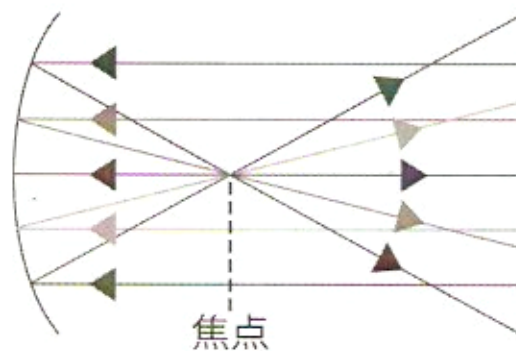
c. 凹面鏡

凹面鏡で顔をのぞいて見ると、顔が大きく拡大されて見えた。下の写真は凹面鏡で文字をうつすと大きく見える様子。



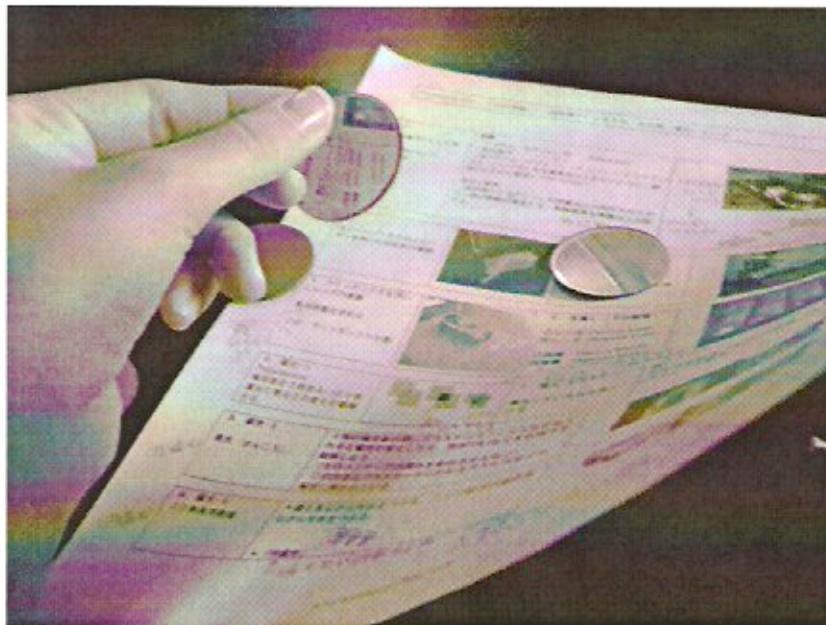
▶▶なぜ凹面鏡に文字をうつして見ると大きく拡大されてみえるのか。

光が反射するとき、入射光と反射光の角度は等しい。だから、平らな鏡に映る像は実際の大きさと同じに見える。反射面が曲がっているので反射光の向きが変わる。凸レンズは平行光線が入ると、焦点に光が集まる。同様に、凹面鏡に平行光線が当たると反射光が内側の一点に集まり、凸レンズと同じ作用がある。このため凸レンズのように実像や虚像を観察することができる。凹面鏡には反射光が1点に集まる点があるため、見る場所がそれより前か後ろかで上下左右が反対になって小さく見える。反射望遠鏡などに使われている。



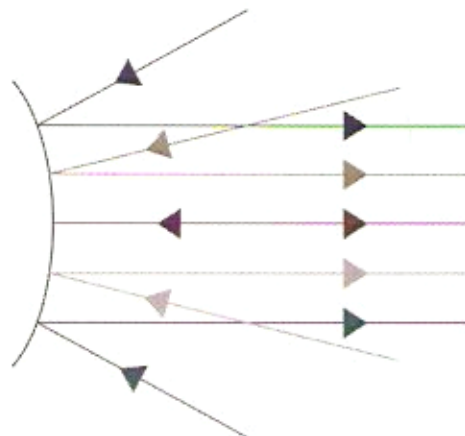
d. 凸面鏡

凸面鏡で顔をのぞいて見ると、顔が小さく縮小されて見えた。下の写真は凸面鏡で文字をうつすと小さく見える様子。



▶▶なぜ凸面鏡に文字をうつして見ると小さく縮小されてみえるのか。

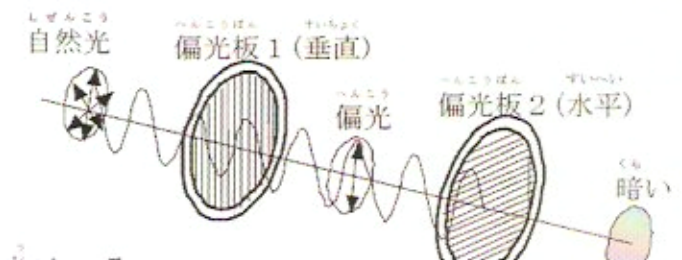
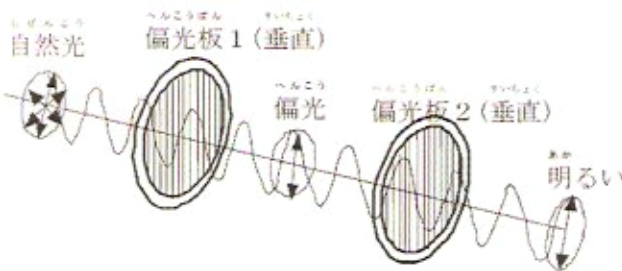
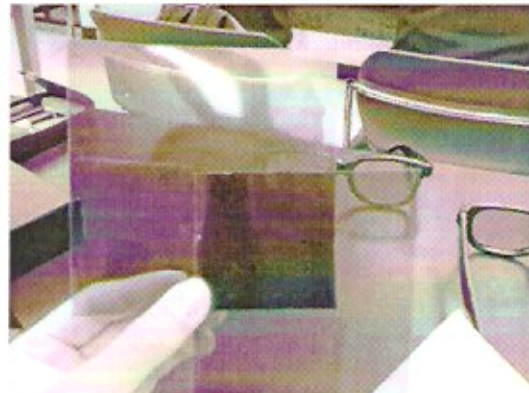
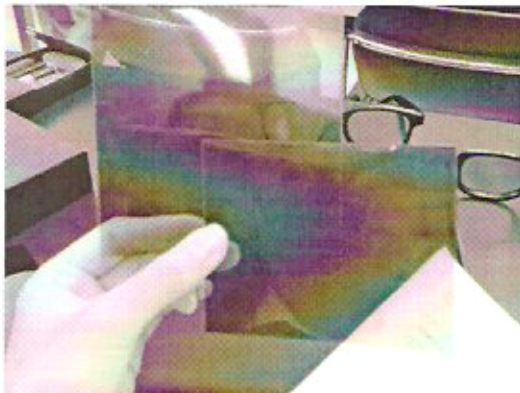
凸面鏡の表面での光の反射は下の図のようになっていて、光が広がるように反射する。光を逆にたどると、凸面鏡は平面鏡より幅の広い範囲を映し出すことがわかる。像は小さくなり、小さな鏡の面に広い範囲の風景を映すことができるため、自動車のドアミラーやカーブミラーなどに使われている。



▶▶ 鏡とレンズの関係

凸レンズと凹面鏡、凹レンズと凸面鏡は同じような働きをする。具体的には、凹面鏡は凸レンズと同じように光を集める働き、凸面鏡は凹レンズと同じように光を広げる働きをする。レンズと鏡は違うものだが、光の進む向きを変えるという意味では同じ働きをしているとおもった。レンズは光を通過させながら光の進む向きを変え、鏡は光を反射させながら光の進む向きを変えている。

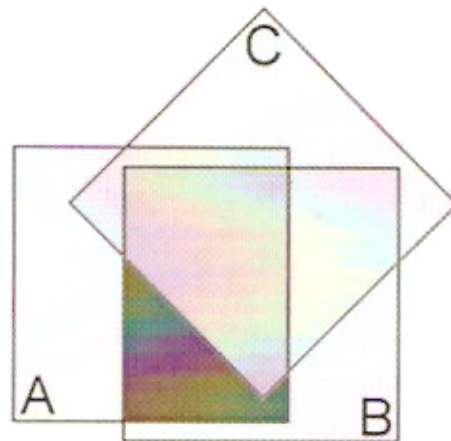
- ④a. まず、下の左の写真のように偏光板2枚を重ねてみると透明に見えた。続いて、下の右の写真のように片方の偏光板の向きを90度変えると、真っ黒に見えた。



▶▶ なぜ偏光板の角度を90度変えたら真っ黒に見えたのか。

偏光板を通った光は偏光板の軸方向に偏光しているから。偏光板が偏光を透過する際、偏光板の格子方向の成分だけ透過する。だから、格子方向を直交させた2枚の偏光板の場合、1枚目の偏光板を透過した光は2枚目の格子方向に対して垂直な偏光しかないので、2枚目の格子方向成分はなくなるから。

- b. 偏光板を3枚重ねてみると (Cは45度の角度でA, C, Bの順番に重ねる) 3枚重なっているところが透明に見えた。

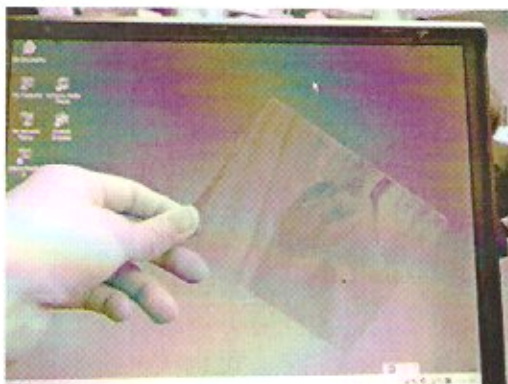


- ▶なぜ2枚重ねた偏光板の間に3枚目の偏光板を重ねたほうが、光がよく透過するのか。

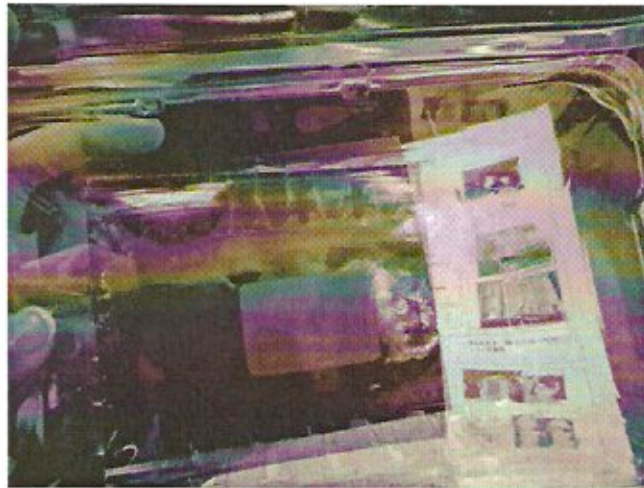
2枚の偏光板の格子方向がたとえば45度だと、1枚目の偏光板を透過した光は2枚目の偏光板の格子方向と45度の振動方向をもつので、格子方向成分がゼロでなく $1/\sqrt{2}$ になる。さらに3枚目が2枚目に対して45度であれば、さらに偏光成分が $1/\sqrt{2}$ となるから、最終的に得られた偏光がゼロにならないから。

$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

- ⑤パソコンの画面を偏光板をとおして見ると、透明に見え、そこから90度偏光板を回転させると真っ黒にみえた。このことからパソコンの画面にも偏光板が使われていることがわかる。



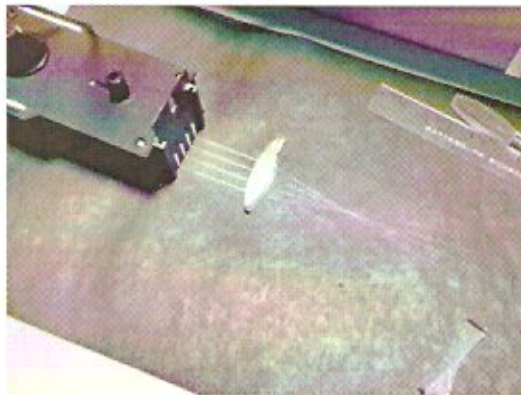
⑥2枚の偏光板の間にプラスチックのいちごパックを入れると、写真ではわかりにくいとおもうが、虹色っぽい色がみられた。



▶▶なぜ偏光板にプラスチックを挟むと虹色に見えるのか。

1枚目の偏光板を通った光は1つの方向だけに振動している。その光がプラスチックの中を通るとき、プラスチックの中の光の進む向きによって光の速さが違うために、出てきた光の振動の方向が変わる。プラスチックの中を進む速さは色によって違う。そのために通過した光の回転角が色によって違うので、2枚目の偏光板を通過できた色の成分が合成されて色模様として見えるから。

⑦下の写真はそれぞれ凸レンズと凹レンズを使って光の屈折の様子を観察したところ。焦点距離はそれぞれ7cmと4cmだった。



6. 結論

回折格子の干渉ではヤングの干渉実験の理論式が成り立っていた。偏光板が偏光を透過する際、偏光板の格子方向の成分だけ透過する。凸レンズと凹面鏡、凹レンズと凸面鏡は同じような働きをする。

7. 感想

いろいろなレンズや鏡があって、それを通してものを見たり、それにうつしてみたりするといろいろな像が見えて楽しかった。また、レポートを書くにあたって光の性質や仕組みを考察し、実験によって確認できたので理解が深まった。偏光板や凸・凹レンズなど、ふだんの生活にも使われているものの仕組みを改めて考えるいい機会になった。偏光には線偏光と円偏光があるようだが、その構造のちがいと効果のちがいがあまりよくわからなかったのもっと調べてみたい。

これが私にとって最後のラブレポになるので残念です。物理は苦手だけど、とうへいさんの授業で実馬食をたくさんさせていただいて、このラブレポを書くうちに理解していくことができました。だから、ラブレポは私にとって大切なものになりました。あとは4学期のExamをのこすのみです。今まで教えていただいたことを勉強していい点をとれるようにがんばりたいとおもいます。ありがとうございました。

すばらしいレポートです。

tol.