

簡易光学水槽と簡易光源装置を用いて、光の屈折を理解します
異なる物質の間の光の進み方を調べよう

コロイド溶液中を直進する光のようすを観察したり，鏡で反射する光の進み方を調べたりすると，光の進み方を何となく理解したような気がします。しかし，光を，空气中からガラスや水など屈折率の異なる媒質に斜めから当てると，光は折れ曲がって進みます。この現象に，「光はまっすぐに進む」と学習してきた生徒たちの多くは「なぜ」と思うのではないのでしょうか。「なぜ」と思う，この現象をより多くの生徒に体感してもらいたいと思います。

1 スチロールシャーレを用いた目盛り付き簡易光学水槽

(1) 準備するもの

- アクリル曲げ器，木枠(直角)，アクリルカッター
- スチロール(滅菌)シャーレ 90mm×20mm 1個
(ふたは不要)
- 白色アクリル板 100mm×250mm(厚さ2mm) 1枚
- OHPシート
- アクリル樹脂用接着剤(注入器付)
- 円分度器
- ドリル(スチロールシャーレに穴を空ける)
- 仮止め用輪ゴム



(2) 工作の手順

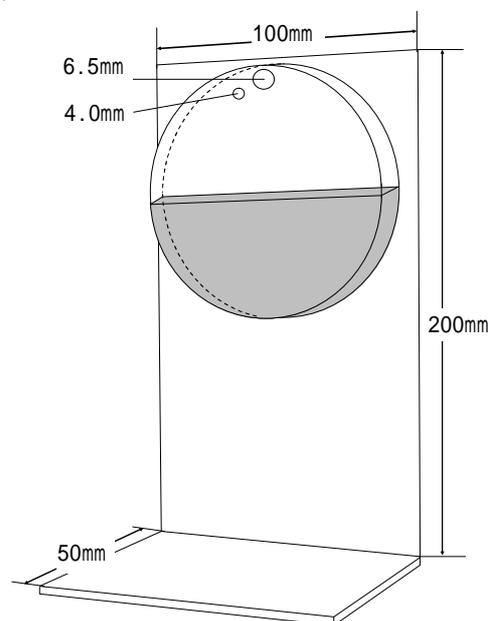
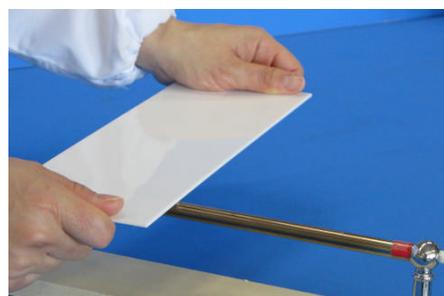
使用する白色アクリル板の寸法を測り，プラスチックカッターで5回ほど溝をつけ，机の端などに合わせて折る。

シャーレに，水出し入れ用の穴 6.5mmと空気穴 4.0mmを，ドリルであける。(このときドリルは，ゆっくりおろす。)

白色アクリル板100mm×250mmを，端から50mmのところまで直角に折り曲げる。(白色アクリル板を，アクリル曲げ器で加熱し，木枠を用いて直角に曲げて冷却する。その際，曲げた場所が動かないようにする。5ページに完成品が示されている。)

穴の位置が上になるよう，折り曲げたアクリル板の上部に，シャーレを輪ゴムで仮止めする。

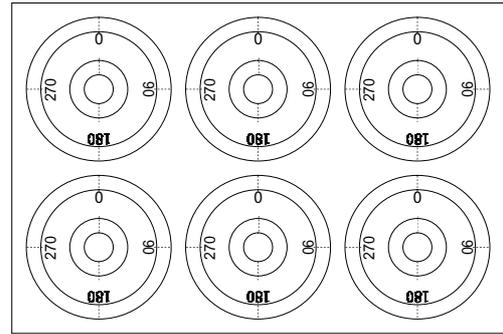
注入器で接着剤を吸い込み，シャーレの穴から接着剤を流し込む。このとき，接着剤はシャーレの内側をすばやく流れるので，接着剤が一周するようにシャーレを回転させる。また，水漏れを防ぐため，シャーレが固定されたかを確認する。



円分度器を印刷機で縮小コピーし，A 4 の用紙に計 6 個貼り付け，OHPシートに印刷する。

切り取った円形シートを水で濡らし，0°が上になるようにシャーレに貼る。

水面の位置と，円形シートの90°と270°を結んだラインとが一致するように，シャーレに入れる水の量を調整する。



2 アクリル棒を用いた簡易光源装置

ここで製作するものは，管球（2.5V）とアクリル丸棒を用いた，暗幕等の設備のない教室でも使用可能な光源装置である。

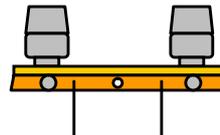
(1) 準備するもの

- 管球（2.5V 0.25A 6 × 30mm）
- ヒューズホルダー
- アクリル丸棒 10mm × 長さ30mm
- アクリル板15mm × 80mm
- リード線付き006Pスナップ（タテ型）
- 単三2個用電池ホルダー（スナップ端子付）
- 単三乾電池 2個
- 両面接着ゴムテープ
- アクリル樹脂用接着剤（二塩化メチレン）
- はんだごて，はんだ
- ラジオペンチ



(2) 工作の手順

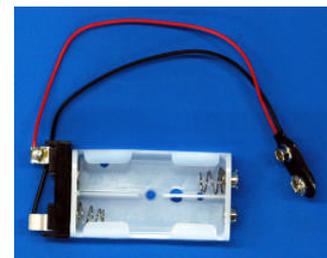
ヒューズホルダーの「アシ」をラジオペンチで切る。



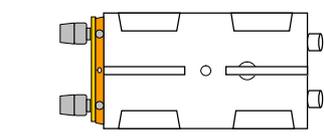
アシをとったヒューズホルダーを両面テープで電池ボックスに固定する。

006Pスナップとヒューズホルダーをはんだ付けする。

電池ボックスの側面に両面接着ゴムテープを付け，側面とアクリル板を接着する。

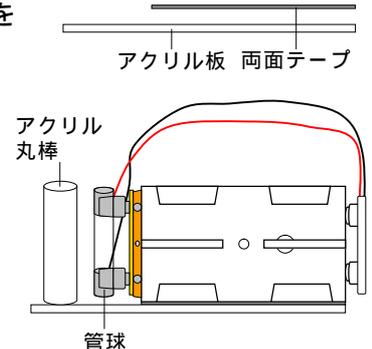


電池ボックスの側面に取り付け付けたアクリル板に両面テープを貼り，アクリル板を電池ボックスに貼る。



ヒューズホルダーに管球を固定し，電池ボックスに電池を2本入れて，管球を点灯させる。

アクリル棒を管球の前に立て，アクリル棒を前後左右に動かし，光が最も収束する位置を探す。その位置が決まったら両面テープでアクリル棒とアクリル板を固定する。（アクリル棒の位置をしっかりと固定する場合は，アクリル樹脂用接着剤を用いる。）



分かったこと・気付いたこと（授業実践後の生徒の回答例の一部 詳細は研究紀要に）

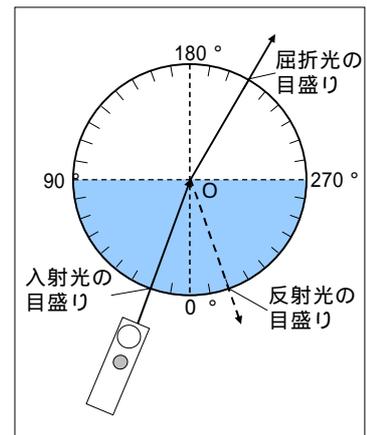
- ・光が垂直に入射すると（入射角が 0° ）光は直進した。
- ・光が境界面で曲がった。
- ・屈折角を示す角度が分かった。
- ・光が空気から水へ進むとき，入射角と屈折角の大きさを比較すると，入射角の方が常に大きいこと。
- ・中心に光を当てるのが難しかった。
- ・どうして屈折するのだろうか？

(2) 光が水から空気へ進むとき

OHPシートにコピーした，円分度器の最も外側の目盛り 0° を上にしてスチロールシャーレに固定する。

水面への入射角を， 0° 付近から徐々に大きくしながら， 80° まで観察する。

入射光，屈折光，反射光の，円分度器における角度を読み取り，表を完成する。



実験結果

入射光の目盛り ($^\circ$)	0	10	20	30	40	50	60	70	80
反射光の目盛り ($^\circ$)									
屈折光の目盛り ($^\circ$)									

考察

入射角 ($^\circ$)	0	10	20	30	40	50	60	70	80
反射角 ($^\circ$)									
屈折角 ($^\circ$)									

分かったこと（授業実践後の生徒の回答例の一部）

- ・入射角と反射角は等しいこと。
- ・光が水から空気へ進むとき，入射角と屈折角の大きさを比較すると，入射角の方が常に小さいこと。
- ・入射角がある角度を超えると，光は屈折せず，すべて反射すること。
- ・屈折光が観察できるとき，空気から水へ進むときと水から空気へ進むときには，同じ進み方になること。

5 ワークシート例

光の屈折	
空気と水の境界での光の進み方を調べよう	
1 学習前	
光について知っていること	不思議に思っていることや疑問点など
2 実験	
空気から水に光を入射させてみよう。(水そうの上部から光をあてる)	気づいたこと・感想・疑問点など
水から空気に光を入射させてみよう。(水そうの下部から光をあてる)	気づいたこと・感想・疑問点など
3 実験後	
光の進み方について理解したこと	気づいたこと・不思議に思っていること・疑問点・感想など

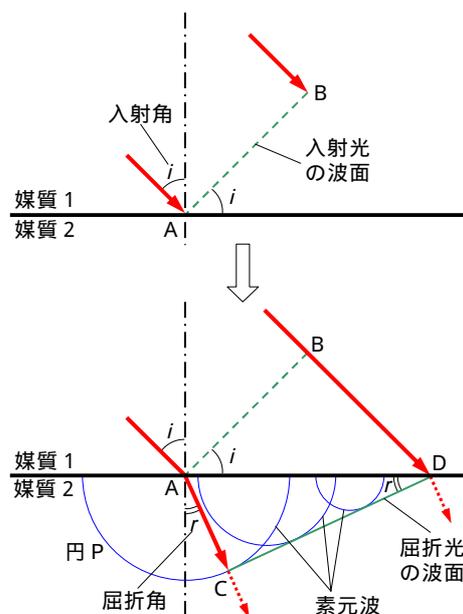
光の屈折

(1) ホイヘンスの原理

水中に入れた足が実際よりも短く見えたり,視力補正のためにメガネなどを使ったりと,私たちは,生活の中で光の屈折現象を体験したり,応用したりしています。

光の屈折は,物質内での光の速さの違いによって起こる現象です。真空中での光の速さは, 3.00×10^8 m / 秒(秒速約 30 万 km)ですが,物質中での光の速さは,真空中よりもやや遅く,同じ物質中でも光の波長によって少し異なります。空気などの気体中での光の速さは,真空中とほぼ等しいですが,水中では真空中の約 0.75 倍(約 2.25×10^8 m / 秒)となります。

光の屈折現象は,ホイヘンスの原理などで説明されています。ホイヘンスの原理とは,「ある瞬間に,波面の各点からは,波の進む前方に素元波が出る。これらの素元波に共通に接する面が,次の瞬間の波面になる。」というものです。



Aが境界面に達してから時間 t の後にBが境界面のDに達する。このときの屈折波の波面は, Dから円Pに引いた接線DCに相当する。

(2) スネルの法則

光が媒質 1 から媒質 2 に入射角 i で入射し、屈折角 r で屈折するとき、媒質 1 内での光の速さを V_1 、波長を λ_1 、媒質 1 の絶対屈折率を n_1 とし、媒質 2 内での光の速さを V_2 、波長を λ_2 、媒質 2 の絶対屈折率を n_2 、媒質 1 に対する媒質 2 の屈折率（相対屈折率） n_{12} とすれば、これらの関係は次の式ようになります。

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{12}$$

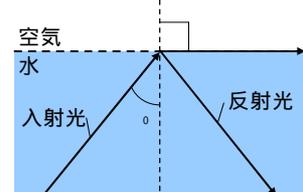
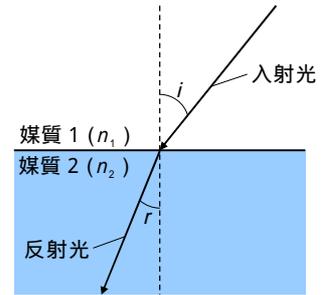
空気中から水中への場合、入射角 0° から 90° まで屈折光と反射光が観察されます。

一方、光が、水中から空気中へ進む場合、入射角を次第に大きくすると、屈折角の方が先に 90° となり、空気中に出ていく屈折光はなくなり、すべて反射光になります。このときの入射角 θ_0 を臨界角とよびます。臨界角は、スネルの法則 $n_1 \sin i = n_2 \sin r$ と右の表より、

$$1.3334 \sin \theta_0 = 1.000292 \sin 90^\circ$$

で表され、 $\theta_0 = 48.6^\circ$ となります。また、臨界角 θ_0 より大きな入射角の入射光は、境界面ですべて反射されます。この現象を全反射といいます。

下の表は、表計算ソフトを用いた、スネルの法則の計算の方法の一例を示したものです。このテーブルをもとに、臨界角を求めてみましょう。



媒質	絶対屈折率
空気	1.000292
水	1.3334
石英ガラス	1.4589
パラフィン油	1.48

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	空気	1.0003								
2	水	1.3334								
3	石英ガラス	1.4589								
4										
5	入射角 i ($^\circ$)	0	10	20	30	40	50	60	70	80
6	ラジアン(rad)	0	0.175	0.349	0.524	0.698	0.873	1.047	1.222	1.396
7	$\sin i$	0	0.174	0.342	0.500	0.643	0.766	0.866	0.940	0.985
8	$\sin r$	0	0.130	0.257	0.375	0.482	0.575	0.650	0.705	0.739
9	ラジアン(rad)	0	0.131	0.259	0.384	0.503	0.612	0.707	0.782	0.831
10	屈折角 ($^\circ$)	0	7.5	14.9	22.0	28.8	35.1	40.5	44.8	47.6
11	実験値 ($^\circ$)	0	8	15	21	27	36	41	44	48

$=\text{SIN}(C6)$ $=\text{PI}() * C5 / 180$ $=\$B\$1 * C7 / \$B\2
 $=\text{ASIN}(C8)$ $=180 * C9 / \text{PI}()$ 屈折率は、ナトリウムのD線(波長 589.3nm)のものを用いた。

自分で観察，操作をする



既製の大きな実験装置を使ってグループで観察・実験を行うことに比べ、生徒一人一人が観察・実験の操作をすると、グループ活動とは違った感動や発見があります。自分で考え、自分の手で操作することで、生徒一人一人が「見えた」、
「できた」という達成感を得られるでしょう。また、自主的な活動により観察・実験に工夫が加えられ、探究的な活動へと発展していくことを期待しましょう。