

マリオットの魔法の瓶を用いた光の全反射

光について学ぶとき、生徒は先ず光の直進性ということについて学ぶ。レーザー光に石けん水の中を通過させると光の道筋が浮き上がっておもしろい。特に、水道水中と対比して行くとチンダル現象による違いが際だっておもしろい(写真ア)。石けん水はコロイド溶液であり、300~500nm(1ナノメートル[nm]は 10^{-9} m)程度の粒子を含んでおり、これらは原子や低分子よりも大きな粒子であり、光(可視光)の波長と同程度である。光は、その波長と同程度の粒子にはよく散乱される。石けん水に入射してきたレーザー光はこれらの粒子にぶつかって四方八方に散乱されます。この散乱された光が我々の目に届くというわけです。

光は一般的に直進するものの、全反射という屈折現象も起こす。この現象もまた、レーザー光を用いて観察するとおもしろい。まるで光が曲線を描いて進んでいるようである。この実験をするときに、ペットボトルに開けた穴から流れ出す水流を利用するが、普通は、最初、水が勢いよく飛び出ていき、ペットボトル内の水位が下がるにつれ水の勢いが衰えていく。これは、これでおもしろいが、水の勢い(流出速度)を常に一定に保てる魔法の瓶がある。マリオットの瓶と呼ばれるものである。

今回は、このマリオットの瓶を用いてレーザー光の全反射の様子を観察してみよう。マリオットの瓶は簡単に作れます。

〔材料・用具〕

ペットボトル, 丸形割り箸, 軟質塩化ビニル管(外径7mm程度), 石けん水, レーザー光源, ホットボンドセット一式, ハンダごて, 伸縮架台, 水受け用鉢皿, 水受け用コンテナ, ぞうきん

(a)



【器具の作製及び実験】

- (1) ペットボトルの下部に直径5mm程度の穴をハンダごてで開ける。同じく、ハンダごてでペットボトルの蓋に軟質塩化ビニル管の外径程度の穴を開ける。
- (2) 軟質塩化ビニル管を長さ25cm程度に切り、これをペットボトルの蓋に開けた穴に通す。ペットボトルに蓋を閉めた状態で、ペットボトルの下部に開けた穴の位置より5cm程度高い位置まで軟質塩化ビニル管を通す。その位置でホットボンドを用いて軟質塩化ビニル管を蓋に固定する。(滑り落ちないように固定するのであって、ビニル管を引っ張り出したり、押し込んだりして

長さ調節できるようにしておけばよい。)

- (3) 以上でマリオットの瓶のできあがりである。後はペットボトル下部の穴に丸形割り箸の先で栓をし、水をペットボトルの8分目程度まで入れ、写真bのように、伸縮架台の上に鉢皿を載せ、ペットボトルをセットする。コンテナで水を受けるようにし、割り箸の栓を抜き水の流れを観察する。

(b)



- (4) 次に、(3)の水の代わりに石けん水を入れ、写真bのようにセットし、レーザー光を横から照射する。このとき栓をした割り箸の先の切り口にレーザー光が当たるように光軸をあわせる。

- (5) 室内の照明をおとし、薄暗くした状態で、割り箸の栓を抜くとレーザー光が水流の中で全反射し、光があたかも曲進しているように見える(写真イ)。

(イ)

(ア)

