

108 凹面鏡の反射の様子と像のでき方を調べる 中	248
---------------------------	-----

3 光のエネルギー

109 光源からの距離と照度の関係を調べる 中	249
110 放射計で光が仕事をするのを調べる 中 3 画	251
111 太陽電池による仕事を調べる 中	252

Ⅵ 音と波動

1 音

112 空気がないと音が伝わらないことを調べる 中	253
113 音の伝わり方を調べる 中	255
114 音が伝わる速さを調べる 中	257
115 音の反射を調べる 中 3 中	259
116 音の大小と振幅の関係を調べる 中	261
117 音の高低と振動数の関係を調べる 中 画	264
118 音色の違いを調べる 中 画	267
119 共鳴の実験 中	268
120 物体の振動と音の関係を調べる 中	270

2 波・振動

121 振り子の性質を調べる 中 3 画	272
122 振り子の共振の実験 中 3 画	273
123 横波と縦波の違いを調べる 中 画	275
124 波の伝わり方と反射の様子を調べる 中 画	276
125 波の独立性・重ね合わせ・定常波を調べる 中 画	277
126 いろいろな定常波の観察 画	278
127 弦の固有振動を調べる 画	279
128 波の進み方を調べる 画	280
129 波の反射の観察 画	281
130 波の屈折の観察 画	282
131 波の回折の観察 画	283
132 波の干渉の観察 画	284

86

空気中の光の進み方を調べる

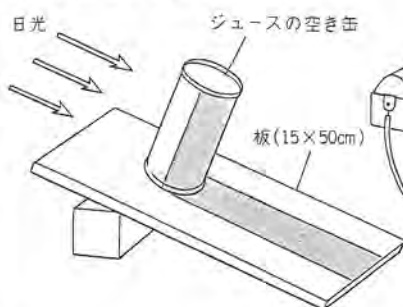
- ねらい ① 光は、空气中を直進することが確かめられる。
光は、光源から放射状に出ていることが確かめられる。

板^① ジュースの空き缶 豆電球(2.5〜3V用) 乾電池^② 導線 工作用紙 のり はさみ カッター ナイフ 平面鏡 はがき大の用紙5 粘土 画びょう ポール紙の箱(10×15×25cmぐらい) セロハン紙 線香 アルミはく レーザー光源装置

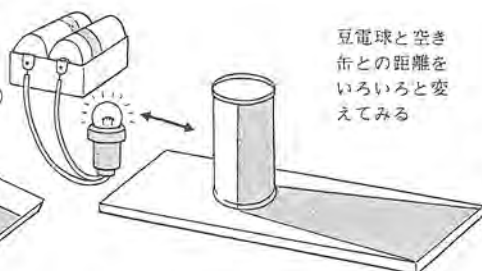
① 15×15cmぐらいのもの1枚と20×20cmぐらいのもの1枚。
② 単1乾電池2個をボックスに入れたもの。

① 影のつき方から光の進み方を調べる

① 日光について調べる



② 豆電球の光について調べる



① 留意点 影を映す板は、平らで長いものがよい。

光を当てるときには、影が長くなるような角度を選ぶ。

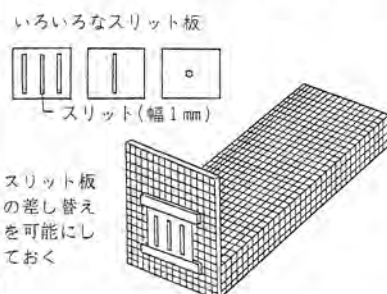
②では、光源として点火したろうそくを用いてもよいが、その場合、光源が大きいの影の縁がぼける。

解説 日光、豆電球どちらの場合でも、影の縁が直線状になる。このことから、光が直進していることを推測する。

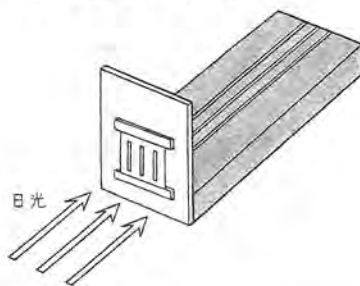
② 留意点 光学実験台を作るときには、光の反射や屈折の実験にも使えるように、ス

② 光学実験台を用いて、光の進み方を調べる

① 工作用紙で光学実験台を作る

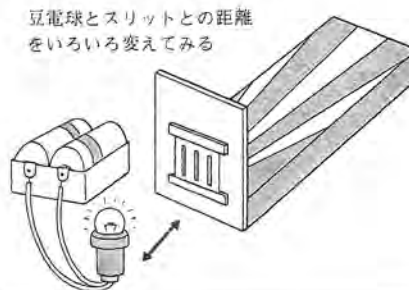


② 日光について調べる

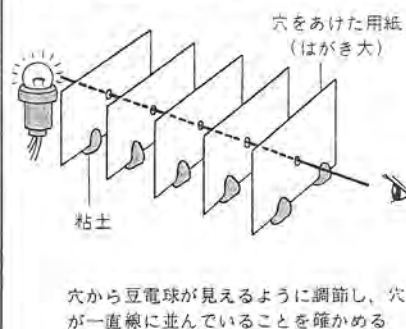


③ 豆電球の光について調べる

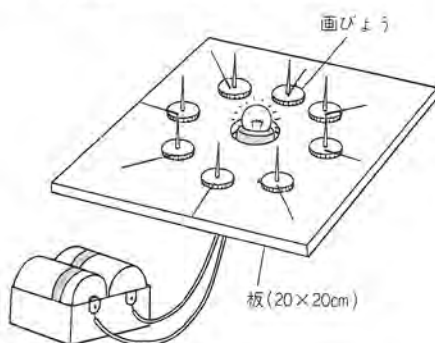
豆電球とスリットとの距離をいろいろ変えてみる



③ 光の直進性を確かめる



④ 豆電球の光の進み方を調べる



リット板を差し替えられるようにしておくことよい。

②では、鏡に反射させた日光を光学実験台のスリットに当てるとよい。

解説 この実験は、①の推測をより確かにするためのものである。

スリットを通った日光は、ほぼ平行になる。よく観察すると、正確には先のほうが広がっていることがわかる。

スリットを通った豆電球の光は、豆電球がスリットに近いときには広がりが大きく、離すにしたがって平行に近づく。このことから、豆電球とスリットとの距離を無限大にすると、日光と同じく平行光線になることを推測する。

③ 留意点 糸を張ったりして、一直線に並んでいることを確かめるとよい。

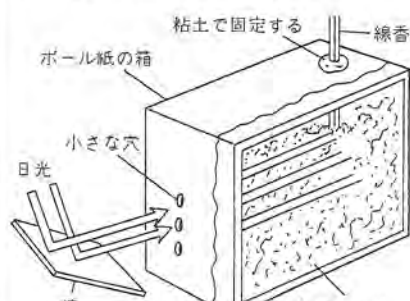
⑤ 解説 この実験は、いわば②や④の別法である。レーザー光線を用いるとわかりやすい。

留意点 観察しやすくするため、箱の中は暗くするとよい。

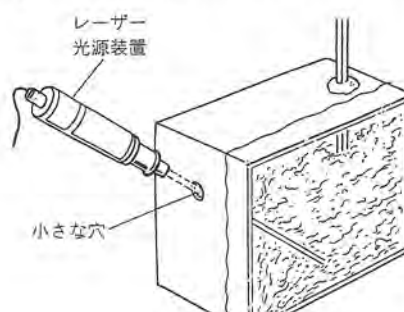
結果 ①〜⑤の実験から、光は、空气中で直進することや、光源から放射状に出ること

⑤ 箱と線香を用いて、光の進み方を調べる

① 日光について調べる



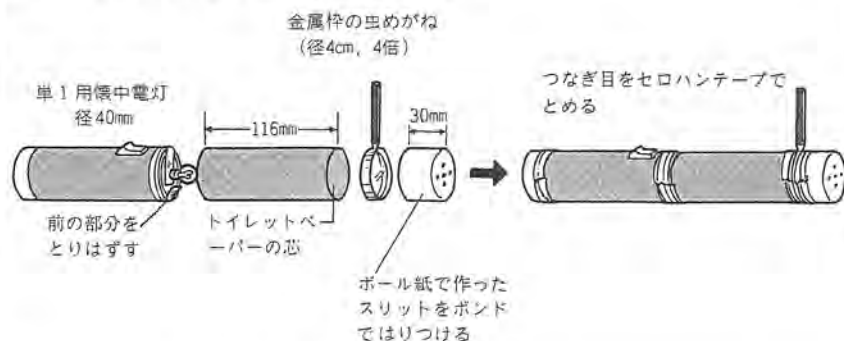
② レーザー光線について調べる



ねらい ④⑤⑥ ① 光は、水中やガラス中などを直進することが確かめられる。

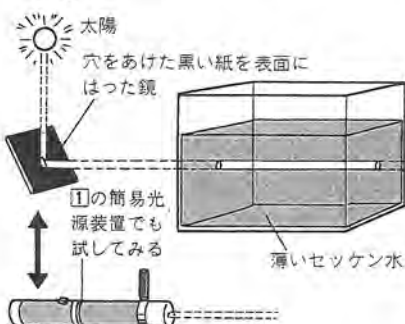
懐中電灯 単1乾電池 トイレットペーパーの芯
虫めがね(径4cm, 4倍) ボール紙 セロハンテープ
鏡 黒い紙 水槽(角形) セッケン ガラス
棒 食塩 ホウ酸 希塩酸 豆電球(2.5~3.0V
用) 試験管 ビーカー 工作用紙 ガラス プラ
スチック のり はさみ カッターナイフ

①懐中電灯を利用した簡易光源装置を作る

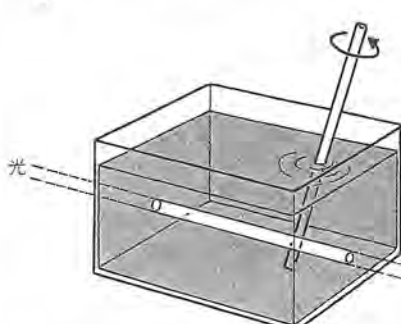


②水中での光の進み方を調べる

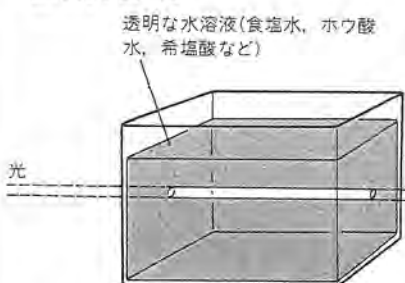
①日光や簡易光源装置の光の進み方を調べる



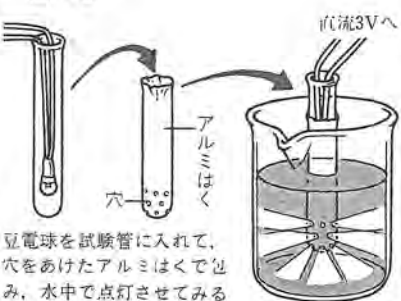
②水をかき混ぜながら光の進み方を調べる



③食塩水など、ほかの水溶液の中の光の進み方を調べる



④水中に光源があるときの光の進み方を調べる



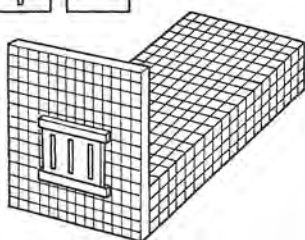
③工作用紙で光学実験台を作り、ガラス中やプラスチック中での光の進み方を調べる

いろいろなスリット板

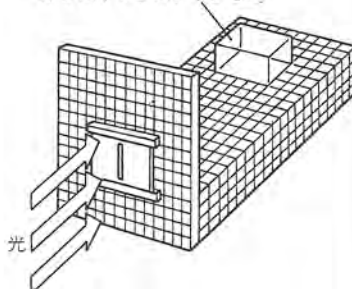


スリット
(幅1mm)

スリット
板の差し
替えを可
能にしてお



ガラスやプラスチックなど



① ①留意点 レンズを利用して、懐中電灯の光が平行光線になるように工夫したものである。トイレットペーパーの芯はボール紙などで代用してもよい。スリットの形・大きさ・数は学習場面に応じていろいろと変えてみる。

② ②留意点 観察しやすくするために、水の代わりに薄いセッケン水を用いる。水に少量の赤インキか蛍光染料を加えてもよい。簡易光源装置を利用するときは、部屋を暗くして実験をする。

解説 この実験では、光を当てる角度によって光が屈折したり、反射したりする現象が見られる。これらの現象の観察は次への学習へ発展させるための基礎となる。

②では、ガラス棒などで水をかき混ぜて光の進み方を観察させ、光が水の移動に関係なく直進していることを確認させる。

③の実験は、これまでに観察した水の中での現象が身のまわりの他の水溶液でも起こるのかを調べるものである。この実験で、透明であればどんな液体の中でも、光が直進することがとらえられ、認識の一般化ができる。

④の実験は、光源が水中にある場合、空气中に光源がある場合と同じように光が放射状に直進することを確かめるものである。

③ ③留意点 光学実験台を作るときには、光の反射や屈折の実験にも使えるように、スリット板を差し替えられるようにしておくことよい。光学実験台を使用せずに簡易光源装置で直接ガラスやプラスチックに光を当ててもよい。

ガラスやプラスチックなどの面に光が垂直に当たるようにする。斜めにすると、光が境界で屈折したり反射したりする。この現象から、光の反射や屈折の学習に発展させる方法もある。

ガラスやプラスチックのほかにゼリーや寒天など生徒に身近な透明なものを使用してもよい。

結果 光は、水中やガラス中では、直進することがわかる。

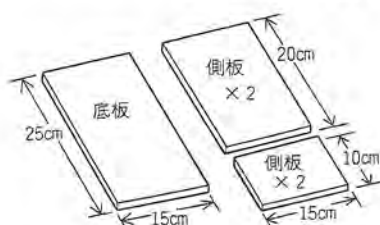
ねらい 中1 光は空気、水、アクリルなどの中を直進することを確認められる。光ファイバーは直進する光をいろいろな所へ導くことができることを確認められる。

①無色透明なもの、黒つや消しのものを使用する。②半導体レーザー装置がコンパクトで使いやすいが、ガスレーザー装置でも実験は可能である。③蛍光染料または赤インキでもよい。

① 光学水槽を作る

① 材料を用意する

アクリル板は厚さ2mm
底板、側板とも無色透明



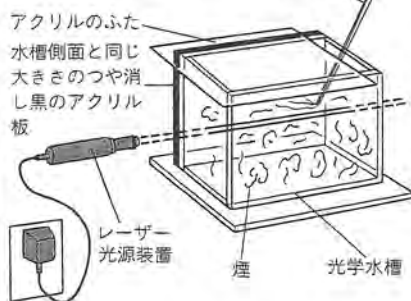
② 組み立てる



アクリル用接着剤を使って組み立てる

② 空気中での光の進み方を調べる

火のついた線香を束ねる



レーザー光源装置の取り扱い方

レーザー光源装置
ヘリウム・ネオンの
ガスレーザーまたは
半導体レーザーが使用
される

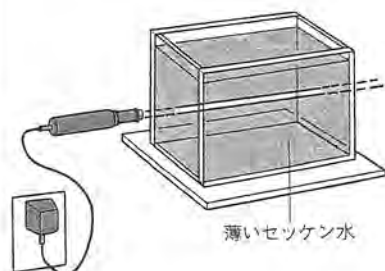
のぞかない!
レーザー光を直接見る
のは危険である



レーザー光の特徴
・とても広がりにくい
光である
・1つの色の光である
(一般的には波長がおおよそ
630nmの赤い色の光が多い)

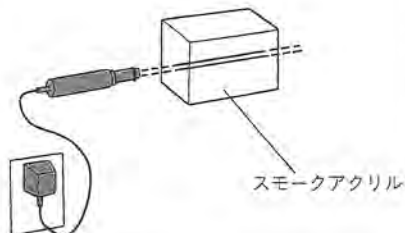
レーザーの電源

③ 水中での光の進み方を調べる



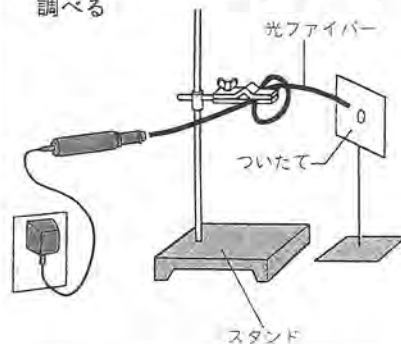
薄いセッケン水

④ アクリル中での光の進み方を調べる



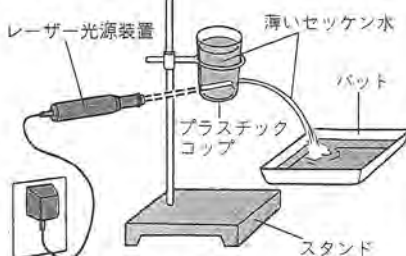
スモークアクリル

⑤ 光ファイバー中での光の進み方を調べる



スタンド

【参考実験】流れる水中での光の進み方を調べる



コップから流れ出る水にレーザー光を当てる
水の流れに沿って光が進むのが見られる

① 解説 この光学水槽は、観察する面の反対側に、黒のつや消しアクリル板を置くことでさらに光路が見やすくなる。この実験のほか、光の反射や屈折の実験などにも使用できる。また、レーザー光を使用するので部屋を暗くする必要もない。

② 留意点 アクリル板は透明度がよく、丈夫で傷がつきにくい。硬いため切断加工にやや手間がかかるがアクリル専用のカッターナイフを使えば切断しやすい。また、アクリル板の代わりに柔らかく切断や折り曲げ加工がしやすい塩化ビニル板を使用してもよい。アクリル板、塩化ビニル板のどちらを使ってもよいが互いに接着できないため2つの材料を混在して使うことはできない。それぞれ専用の接着剤を使う。接着剤は、注射器を使い接着面に少しずつ注入する。このとき接着面に気泡が残らないようにする。

③ 注意 接着剤は揮発性が高いので、取り扱いに十分気をつけなければならない。蒸発したガスを大量に吸い込まないこと、また目や口に入れないように注意する。

② 解説 線香の煙の中にレーザー光を通過させると、レーザー光線が煙の微粒子に散乱するため光路がよく見える。

③ 留意点 観察する面の反対側に、黒のつや消しアクリル板を置くことでさらに光路が見やすくなる。

結果 光は空気中を直進することがわかる。

③ 留意点 水槽の水は薄いセッケン水を使用する。そのほか水に少量の赤インキまたは、蛍光染料(マーカーペンのインキでよい)を加えたものでもよい。

結果 光は水中を直進することがわかる。

④ 解説 スモークアクリルは内部を通る光が散乱するため光路がよく見える。

結果 光はアクリルやガラス中を直進することがわかる。

⑤ 解説 光ファイバーや水は直進する光をいろいろな所へ導くことができる。

⑥ 留意点 ここでは光ファイバーや水の内部で全反射を繰り返していることには触れずに目に見える現象のみをとらえさせればよい。



わらい 図1

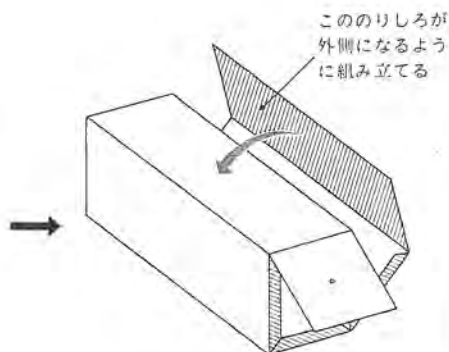
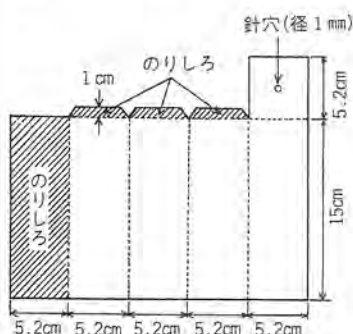
針穴写真機を作り、景色を映すことができる。
針穴写真機に像が映る原理を理解することができる。
針穴写真機に凸レンズを付け、像の明るさや大きさの違いを比べることができる。

セロハンテープ 工作用紙 パラフィン紙^① 凸レンズ(径13mm, f=65mm程度のもの) ペニヤ板 ボール紙 木の板 豆電球(2.5V用) 8 スナップス イッチ5 ビニル導線(5色) 電源装置 割りばし 油粘土 針金(径0.3mm) 油性フェルトペン(4色) はさみ のり ノコギリ

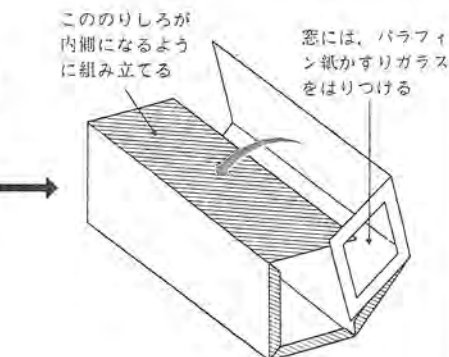
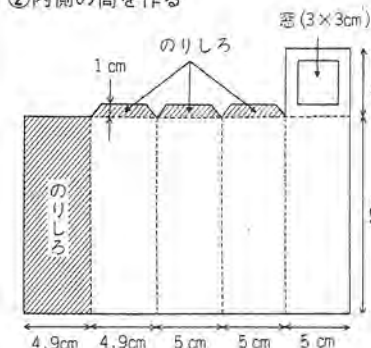
①すりガラスでもよい。

①針穴写真機を作る

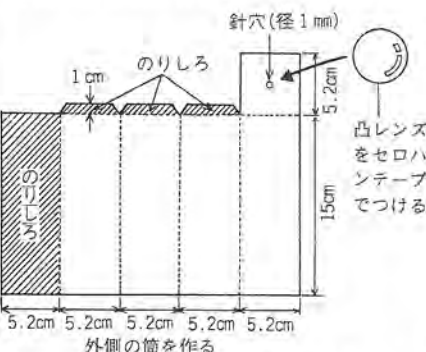
①外側の筒を作る



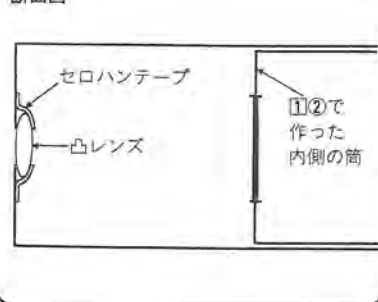
②内側の筒を作る



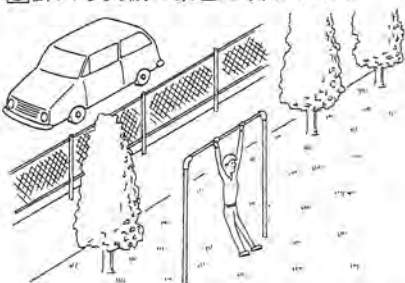
②凸レンズ付きの針穴写真機を作る



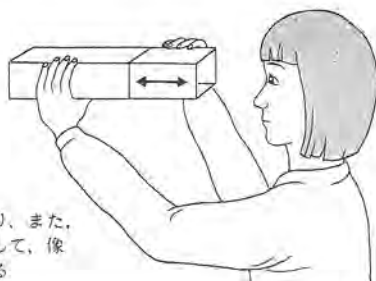
断面図



③針穴写真機に景色を映してみる



筒を伸ばしたり縮めたり、回したり、また、被写体に近づけたり、遠ざけたりして、像の映り方、変化のしかたを観察する



①解説図の寸法は、工作用紙1枚で1つの針穴写真機を作る最大限の大きさである。

③留意点 のりしろを反対に重ねないように気をつける。反対に重ねると写真機を組み立てたとき、スムーズに動かないことがある。

③参考 工作の手間を省くため、外側または内側の筒に牛乳パックを利用するのもよい。最近は、牛乳ばかりでなく日本酒やその他の飲料のパックがあるので、適当な大きさのものを選べば、外側・内側の筒として利用できる

②参考 凸レンズは、わざわざ購入しなくても、カメラ付きフィルム(使い捨てカメラ)の使用済みのものの凸レンズを利用するとよい。ただし、使用済みのカメラ付きフィルムを分解する際、電池は消耗しきっていないため、コンデンサー部分に触れると感電するので、十分注意する。

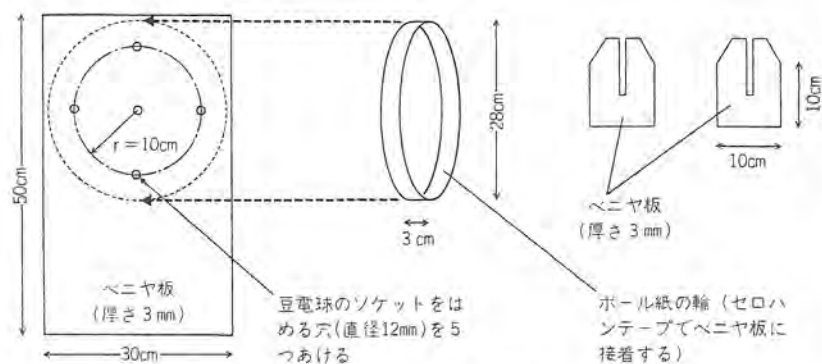
③留意点 いろいろな景色を映させて、凸レンズをつけたものと、つけてないもので、像の明るさや大きさの違いを比べさせてみるとよい。また、針穴写真機の筒を回してみるなど、いろいろなことをさせてみるとよい。

結果 針穴写真機をいろいろ操作して景色を見ることにより、次のようなことがわかる

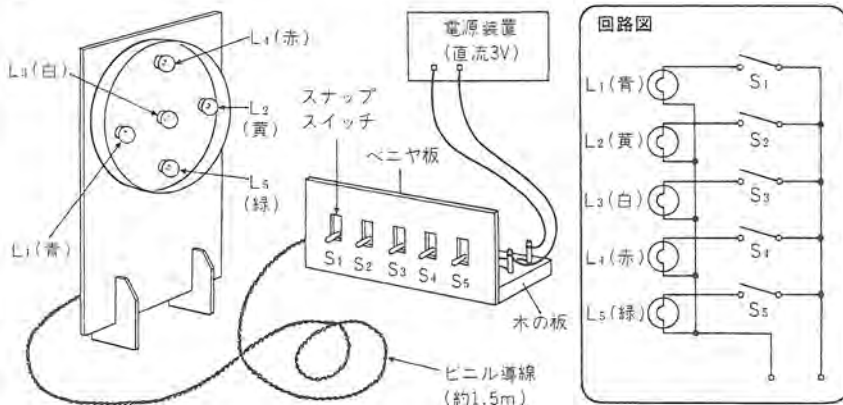
- 景色が逆さに映る
- 針穴写真機の筒を回しても、映像は回転しない
- 筒が長くなるほど映像は大きく映る
- 映像は大きくなると暗くなる
- 凸レンズ付き針穴写真機は、より明るく像のはっきりしている。また、像が大きく映る

④実験用光源を作る

①豆電球ととりつけ用の板を作る



②板に豆電球をとりつけて、スイッチや電源を接続する

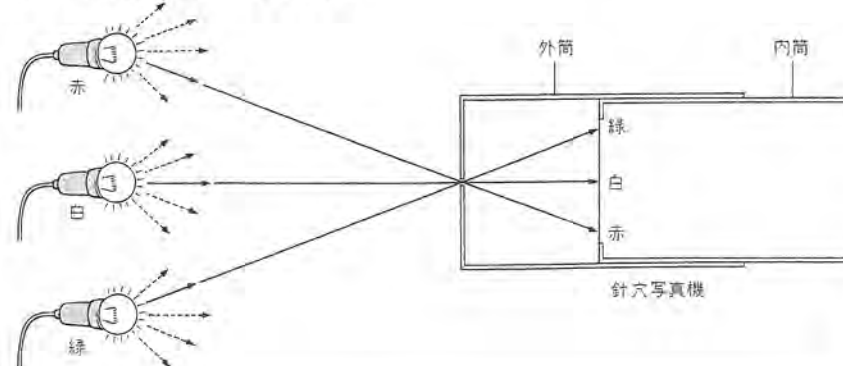


⑤被写体(豆電球)と像との位置関係を調べる

①豆電球を点灯させ、豆電球の位置と像の位置を比較する



②作図して光の進み方を考えてみる



④解説 これは、針穴写真機の原理(光の直進)を調べるためのものである。このような光源を作らないと実験ができない、というようなものではない。しかし、作っておくと、非常に便利である。

この光源の大きな特徴は、リモートコントロールスイッチの操作により、離れた所で豆電球を点滅できるということである。したがって、針穴写真機をのぞきながら、自分で豆電球の点滅操作をできるので、被写体と像の位置関係、筒の長さ、像の大きさの関係がとらえやすい。

⑤留意点 豆電球をとりつける板として、ここでは厚さ3mmのベニヤ板を使っているが、厚紙(菓子箱のふたなど)を使ってもよい。

ボール紙の輪は、豆電球を保護するためのものである。必ずとりつけなければならないというものでもないが、あったほうがよい。

各電球に色をつけるには、油性フェルトペンを用いればよい。

電源は、直流3Vのものを用いる。ここでは電源装置を使っているが、単1乾電池2個を直列につないで使ってもよい。ただし、乾電池2個を直列につないだものを使ったときには、同時に点灯できる豆電球は3個までである。

⑤留意点 ④で自作した実験用光源を用いない場合は、次の⑥のような光源を使って実験すればよい。

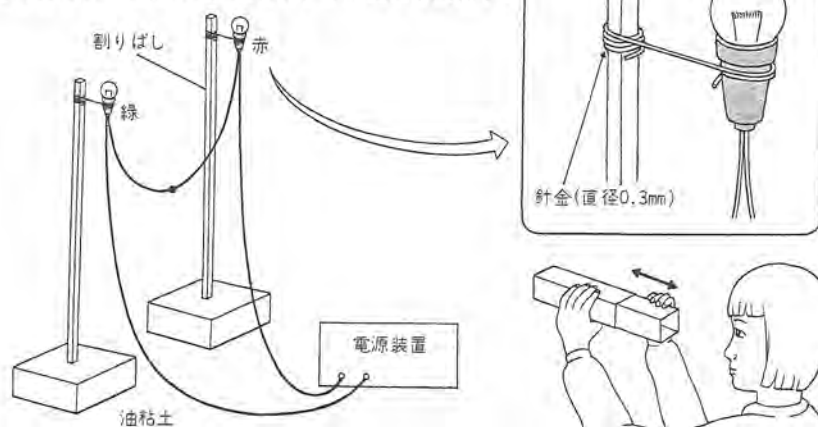
豆電球と針穴写真機の距離は1.5mぐらいがよい。

結果 針穴写真機の像は、左右・上下が反対に映ることがわかる。

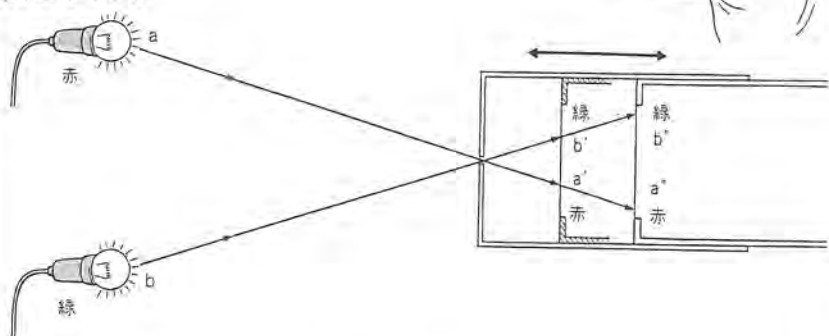
解説 豆電球から出た光は、いろいろな方向に広がるが、針穴を通過した光だけが直進して写真機のスクリーンにぶつかって映像として見える。各豆電球の映像がスクリーンに別々に映るのは、針穴が小さく、図のように各豆電球の光が混ざらないためである。

⑥ 筒の長さや像の大きさの関係を調べる

① 筒の長さを変化させ、像の大きさの変化を観察する

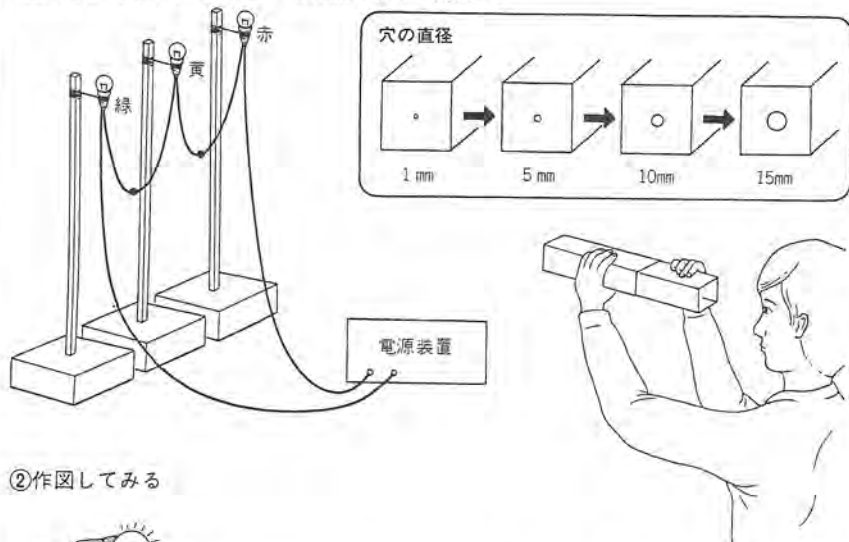


② 作図してみる

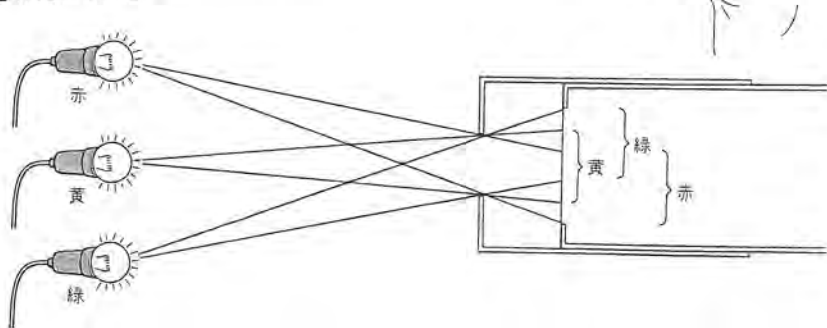


⑦ 針穴写真機の穴と像の関係について調べる

① 穴を少しずつ大きくし、像の映り方を観察する



② 作図してみる



⑥ 留意点 ここでは④で自作した実験用光源を使っていないが、これは、このような光源でも実験できることを示すためである。したがって、④の実験用光源を自作した場合はもちろん、その光源を使えばよい。

図では、豆電球を直列につないでいるが、これは電源装置を使用しているからである。乾電池2個を直列につないだ電源では、並列につなぐ必要がある。

筒の長さを変化させるとき、3 cm → 6 cm → 9 cm という具合に、比例的に長さを変えてみるとよい。像の大きさを正確にはかるのは困難だが、筒の長さや像の大きさが正比例していることを感覚的にとらえることはできる。

結果 筒を長くすると像が大きくなり、筒を短くすると像が小さくなるのがわかる。このとき、筒の長さや像の大きさは正比例の関係にある。

像を大きくすると像が暗くなり、小さくすると明るくなるのがわかる。

⑦ 留意点 ここでの光源は、図のように豆電球の間隔を自由に变えることのできるものを用いたほうがよい。

豆電球の間隔は、ある程度狭くする。この実験のねらいは、穴を大きくすると映像がぼけてくることを実験的に確かめることである。したがって豆電球の間隔を広くすると、穴を大きくしても映像がダブルにならないので、ねらいが達成できない。

結果 穴を大きくすると、豆電球の像が重なり合って映ることがわかる。そして穴を大きくするほど、重なる部分が多くなるのがわかる。

解説 ⑤では、それぞれの豆電球の像がきれいに映った。いま、このような豆電球の数をきわめて多くしたとすると、それぞれの豆電球の像は、それぞれ対応した所に像を作ることになる。そこで、景色を無数の豆電球と考えれば、針穴写真機に景色が映る原理を理解することができる。ただし⑦からもわかるように、景色(無数の豆電球)をはっきり映すためには、針穴写真機の穴が十分小さくないといけない。穴が大きいと、各部の像が重なり合うため、解像力が低下する。

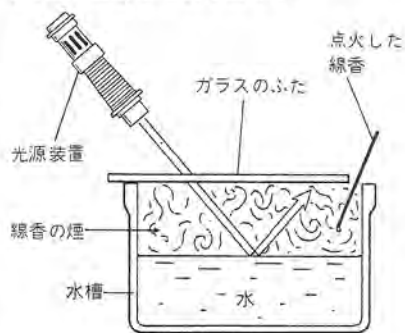


ねらい ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿ ㏀ ㏁ ㏂ ㏃ ㏄ ㏅ ㏆ ㏇ ㏈ ㏉ ㏊ ㏋ ㏌ ㏍ ㏎ ㏏ ㏐ ㏑ ㏒ ㏓ ㏔ ㏕ ㏖ ㏗ ㏘ ㏙ ㏚ ㏛ ㏜ ㏝ ㏞ ㏟ ㏠ ㏡ ㏢ ㏣ ㏤ ㏥ ㏦ ㏧ ㏨ ㏩ ㏪ ㏫ ㏬ ㏭ ㏮ ㏯ ㏰ ㏱ ㏲ ㏳ ㏴ ㏵ ㏶ ㏷ ㏸ ㏹ ㏺ ㏻ ㏼ ㏽ ㏾ ㏿ 㐀 㐁 㐂 㐃 㐄 㐅 㐆 㐇 㐈 㐉 㐊 㐋 㐌 㐍 㐎 㐏 㐐 㐑 㐒 㐓 㐔 㐕 㐖 㐗 㐘 㐙 㐚 㐛 㐜 㐝 㐞 㐟 㐠 㐡 㐢 㐣 㐤 㐥 㐦 㐧 㐨 㐩 㐪 㐫 㐬 㐭 㐮 㐯 㐰 㐱 㐲 㐳 㐴 㐵 㐶 㐷 㐸 㐹 㐺 㐻 㐼 㐽 㐾 㐿 㑀 㑁 㑂 㑃 㑄 㑅 㑆 㑇 㑈 㑉 㑊 㑋 㑌 㑍 㑎 㑏 㑐 㑑 㑒 㑓 㑔 㑕 㑖 㑗 㑘 㑙 㑚 㑛 㑜 㑝 㑞 㑟 㑠 㑡 㑢 㑣 㑤 㑥 㑦 㑧 㑨 㑩 㑪 㑫 㑬 㑭 㑮 㑯 㑰 㑱 㑲 㑳 㑴 㑵 㑶 㑷 㑸 㑹 㑺 㑻 㑼 㑽 㑾 㑿 㒀 㒁 㒂 㒃 㒄 㒅 㒆 㒇 㒈 㒉 㒊 㒋 㒌 㒍 㒎 㒏 㒐 㒑 㒒 㒓 㒔 㒕 㒖 㒗 㒘 㒙 㒚 㒛 㒜 㒝 㒞 㒟 㒠 㒡 㒢 㒣 㒤 㒥 㒦 㒧 㒨 㒩 㒪 㒫 㒬 㒭 㒮 㒯 㒰 㒱 㒲 㒳 㒴 㒵 㒶 㒷 㒸 㒹 㒺 㒻 㒼 㒽 㒾 㒿 㓀 㓁 㓂 㓃 㓄 㓅 㓆 㓇 㓈 㓉 㓊 㓋 㓌 㓍 㓎 㓏 㓐 㓑 㓒 㓓 㓔 㓕 㓖 㓗 㓘 㓙 㓚 㓛 㓜 㓝 㓞 㓟 㓠 㓡 㓢 㓣 㓤 㓥 㓦 㓧 㓨 㓩 㓪 㓫 㓬 㓭 㓮 㓯 㓰 㓱 㓲 㓳 㓴 㓵 㓶 㓷 㓸 㓹 㓺 㓻 㓼 㓽 㓾 㓿 㔀 㔁 㔂 㔃 㔄 㔅 㔆 㔇 㔈 㔉 㔊 㔋 㔌 㔍 㔎 㔏 㔐 㔑 㔒 㔓 㔔 㔕 㔖 㔗 㔘 㔙 㔚 㔛 㔜 㔝 㔞 㔟 㔠 㔡 㔢 㔣 㔤 㔥 㔦 㔧 㔨 㔩 㔪 㔫 㔬 㔭 㔮 㔯 㔰 㔱 㔲 㔳 㔴 㔵 㔶 㔷 㔸 㔹 㔺 㔻 㔼 㔽 㔾 㔿 㕀 㕁 㕂 㕃 㕄 㕅 㕆 㕇 㕈 㕉 㕊 㕋 㕌 㕍 㕎 㕏 㕐 㕑 㕒 㕓 㕔 㕕 㕖 㕗 㕘 㕙 㕚 㕛 㕜 㕝 㕞 㕟 㕠 㕡 㕢 㕣 㕤 㕥 㕦 㕧 㕨 㕩 㕪 㕫 㕬 㕭 㕮 㕯 㕰 㕱 㕲 㕳 㕴 㕵 㕶 㕷 㕸 㕹 㕺 㕻 㕼 㕽 㕾 㕿 㖀 㖁 㖂 㖃 㖄 㖅 㖆 㖇 㖈 㖉 㖊 㖋 㖌 㖍 㖎 㖏 㖐 㖑 㖒 㖓 㖔 㖕 㖖 㖗 㖘 㖙 㖚 㖛 㖜 㖝 㖞 㖟 㖠 㖡 㖢 㖣 㖤 㖥 㖦 㖧 㖨 㖩 㖪 㖫 㖬 㖭 㖮 㖯 㖰 㖱 㖲 㖳 㖴 㖵 㖶 㖷 㖸 㖹 㖺 㖻 㖼 㖽 㖾 㖿 㗀 㗁 㗂 㗃 㗄 㗅 㗆 㗇 㗈 㗉 㗊 㗋 㗌 㗍 㗎 㗏 㗐 㗑 㗒 㗓 㗔 㗕 㗖 㗗 㗘 㗙 㗚 㗛 㗜 㗝 㗞 㗟 㗠 㗡 㗢 㗣 㗤 㗥 㗦 㗧 㗨 㗩 㗪 㗫 㗬 㗭 㗮 㗯 㗰 㗱 㗲 㗳 㗴 㗵 㗶 㗷 㗸 㗹 㗺 㗻 㗼 㗽 㗾 㗿 㘀 㘁 㘂 㘃 㘄 㘅 㘆 㘇 㘈 㘉 㘊 㘋 㘌 㘍 㘎 㘏 㘐 㘑 㘒 㘓 㘔 㘕 㘖 㘗 㘘 㘙 㘚 㘛 㘜 㘝 㘞 㘟 㘠 㘡 㘢 㘣 㘤 㘥 㘦 㘧 㘨 㘩 㘪 㘫 㘬 㘭 㘮 㘯 㘰 㘱 㘲 㘳 㘴 㘵 㘶 㘷 㘸 㘹 㘺 㘻 㘼 㘽 㘾 㘿 㙀 㙁 㙂 㙃 㙄 㙅 㙆 㙇 㙈 㙉 㙊 㙋 㙌 㙍 㙎 㙏 㙐 㙑 㙒 㙓 㙔 㙕 㙖 㙗 㙘 㙙 㙚 㙛 㙜 㙝 㙞 㙟 㙠 㙡 㙢 㙣 㙤 㙥 㙦 㙧 㙨 㙩 㙪 㙫 㙬 㙭 㙮 㙯 㙰 㙱 㙲 㙳 㙴 㙵 㙶 㙷 㙸 㙹 㙺 㙻 㙼 㙽 㙾 㙿 㚀 㚁 㚂 㚃 㚄 㚅 㚆 㚇 㚈 㚉 㚊 㚋 㚌 㚍 㚎 㚏 㚐 㚑 㚒 㚓 㚔 㚕 㚖 㚗 㚘 㚙 㚚 㚛 㚜 㚝 㚞 㚟 㚠 㚡 㚢 㚣 㚤 㚥 㚦 㚧 㚨 㚩 㚪 㚫 㚬 㚭 㚮 㚯 㚰 㚱 㚲 㚳 㚴 㚵 㚶 㚷 㚸 㚹 㚺 㚻 㚼 㚽 㚾 㚿 㜀 㜁 㜂 㜃 㜄 㜅 㜆 㜇 㜈 㜉 㜊 㜋 㜌 㜍 㜎 㜏 㜐 㜑 㜒 㜓 㜔 㜕 㜖 㜗 㜘 㜙 㜚 㜛 㜜 㜝 㜞 㜟 㜠 㜡 㜢 㜣 㜤 㜥 㜦 㜧 㜨 㜩 㜪 㜫 㜬 㜭 㜮 㜯 㜰 㜱 㜲 㜳 㜴 㜵 㜶 㜷 㜸 㜹 㜺 㜻 㜼 㜽 㜾 㜿 㝀 㝁 㝂 㝃 㝄 㝅 㝆 㝇 㝈 㝉 㝊 㝋 㝌 㝍 㝎 㝏 㝐 㝑 㝒 㝓 㝔 㝕 㝖 㝗 㝘 㝙 㝚 㝛 㝜 㝝 㝞 㝟 㝠 㝡 㝢 㝣 㝤 㝥 㝦 㝧 㝨 㝩 㝪 㝫 㝬 㝭 㝮 㝯 㝰 㝱 㝲 㝳 㝴 㝵 㝶 㝷 㝸 㝹 㝺 㝻 㝼 㝽 㝾 㝿 㞀 㞁 㞂 㞃 㞄 㞅 㞆 㞇 㞈 㞉 㞊 㞋 㞌 㞍 㞎 㞏 㞐 㞑 㞒 㞓 㞔 㞕 㞖 㞗 㞘 㞙 㞚 㞛 㞜 㞝 㞞 㞟 㞠 㞡 㞢 㞣 㞤 㞥 㞦 㞧 㞨 㞩 㞪 㞫 㞬 㞭 㞮 㞯 㞰 㞱 㞲 㞳 㞴 㞵 㞶 㞷 㞸 㞹 㞺 㞻 㞼 㞽 㞾 㞿 㟀 㟁 㟂 㟃 㟄 㟅 㟆 㟇 㟈 㟉 㟊 㟋 㟌 㟍 㟎 㟏 㟐 㟑 㟒 㟓 㟔 㟕 㟖 㟗 㟘 㟙 㟚 㟛 㟜 㟝 㟞 㟟 㟠 㟡 㟢 㟣 㟤 㟥 㟦 㟧 㟨 㟩 㟪 㟫 㟬 㟭 㟮 㟯 㟰 㟱 㟲 㟳 㟴 㟵 㟶 㟷 㟸 㟹 㟺 㟻 㟼 㟽 㟾 㟿 㠀 㠁 㠂 㠃 㠄 㠅 㠆 㠇 㠈 㠉 㠊 㠋 㠌 㠍 㠎 㠏 㠐 㠑 㠒 㠓 㠔 㠕 㠖 㠗 㠘 㠙 㠚 㠛 㠜 㠝 㠞 㠟 㠠 㠡 㠢 㠣 㠤 㠥 㠦 㠧 㠨 㠩 㠪 㠫 㠬 㠭 㠮 㠯 㠰 㠱 㠲 㠳 㠴 㠵 㠶 㠷 㠸 㠹 㠺 㠻 㠼 㠽 㠾 㠿 㡀 㡁 㡂 㡃 㡄 㡅 㡆 㡇 㡈 㡉 㡊 㡋 㡌 㡍 㡎 㡏 㡐 㡑 㡒 㡓 㡔 㡕 㡖 㡗 㡘 㡙 㡚 㡛 㡜 㡝 㡞 㡟 㡠 㡡 㡢 㡣 㡤 㡥 㡦 㡧 㡨 㡩 㡪 㡫 㡬 㡭 㡮 㡯 㡰 㡱 㡲 㡳 㡴 㡵 㡶 㡷 㡸 㡹 㡺 㡻 㡼 㡽 㡾 㡿 㢀 㢁 㢂 㢃 㢄 㢅 㢆 㢇 㢈 㢉 㢊 㢋 㢌 㢍 㢎 㢏 㢐 㢑 㢒 㢓 㢔 㢕 㢖 㢗 㢘 㢙 㢚 㢛 㢜 㢝 㢞 㢟 㢠 㢡 㢢 㢣 㢤 㢥 㢦 㢧 㢨 㢩 㢪 㢫 㢬 㢭 㢮 㢯 㢰 㢱 㢲 㢳 㢴 㢵 㢶 㢷 㢸 㢹 㢺 㢻 㢼 㢽 㢾 㢿 㣀 㣁 㣂 㣃 㣄 㣅 㣆 㣇 㣈 㣉 㣊 㣋 㣌 㣍 㣎 㣏 㣐 㣑 㣒 㣓 㣔 㣕 㣖 㣗 㣘 㣙 㣚 㣛 㣜 㣝 㣞 㣟 㣠 㣡 㣢 㣣 㣤 㣥 㣦 㣧 㣨 㣩 㣪 㣫 㣬 㣭 㣮 㣯 㣰 㣱 㣲 㣳 㣴 㣵 㣶 㣷 㣸 㣹 㣺 㣻 㣼 㣽 㣾 㣿 㤀 㤁 㤂 㤃 㤄 㤅 㤆 㤇 㤈 㤉 㤊 㤋 㤌 㤍 㤎 㤏 㤐 㤑 㤒 㤓 㤔 㤕 㤖 㤗 㤘 㤙 㤚 㤛 㤜 㤝 㤞 㤟 㤠 㤡 㤢 㤣 㤤 㤥 㤦 㤧 㤨 㤩 㤪 㤫 㤬 㤭 㤮 㤯 㤰 㤱 㤲 㤳 㤴 㤵 㤶 㤷 㤸 㤹 㤺 㤻 㤼 㤽 㤾 㤿 㥀 㥁 㥂 㥃 㥄 㥅 㥆 㥇 㥈 㥉 㥊 㥋 㥌 㥍 㥎 㥏 㥐 㥑 㥒 㥓 㥔 㥕 㥖 㥗 㥘 㥙 㥚 㥛 㥜 㥝 㥞 㥟 㥠 㥡 㥢 㥣 㥤 㥥 㥦 㥧 㥨 㥩 㥪 㥫 㥬 㥭 㥮 㥯 㥰 㥱 㥲 㥳 㥴 㥵 㥶 㥷 㥸 㥹 㥺 㥻 㥼 㥽 㥾 㥿 㦀 㦁 㦂 㦃 㦄 㦅 㦆 㦇 㦈 㦉 㦊 㦋 㦌 㦍 㦎 㦏 㦐 㦑 㦒 㦓 㦔 㦕 㦖 㦗 㦘 㦙 㦚 㦛 㦜 㦝 㦞 㦟 㦠 㦡 㦢 㦣 㦤 㦥 㦦 㦧 㦨 㦩 㦪 㦫 㦬 㦭 㦮 㦯 㦰 㦱 㦲 㦳 㦴 㦵 㦶 㦷 㦸 㦹 㦺 㦻 㦼 㦽 㦾 㦿 㧀 㧁 㧂 㧃 㧄 㧅 㧆 㧇 㧈 㧉 㧊 㧋 㧌 㧍 㧎 㧏 㧐 㧑 㧒 㧓 㧔 㧕 㧖 㧗 㧘 㧙 㧚 㧛 㧜 㧝 㧞 㧟 㧠 㧡 㧢 㧣 㧤 㧥 㧦 㧧 㧨 㧩 㧪 㧫 㧬 㧭 㧮 㧯 㧰 㧱 㧲 㧳 㧴 㧵 㧶 㧷 㧸 㧹 㧺 㧻 㧼 㧽 㧾 㧿 㨀 㨁 㨂 㨃 㨄 㨅 㨆 㨇 㨈 㨉 㨊 㨋 㨌 㨍 㨎 㨏 㨐 㨑 㨒 㨓 㨔 㨕 㨖 㨗 㨘 㨙 㨚 㨛 㨜 㨝 㨞 㨟 㨠 㨡 㨢 㨣 㨤 㨥 㨦 㨧 㨨 㨩 㨪 㨫 㨬 㨭 㨮 㨯 㨰 㨱 㨲 㨳 㨴 㨵 㨶 㨷 㨸 㨹 㨺 㨻 㨼 㨽 㨾 㨿 㩀 㩁 㩂 㩃 㩄 㩅 㩆 㩇 㩈 㩉 㩊 㩋 㩌 㩍 㩎 㩏 㩐 㩑 㩒 㩓 㩔 㩕 㩖 㩗 㩘 㩙 㩚 㩛 㩜 㩝 㩞 㩟 㩠 㩡 㩢 㩣 㩤 㩥 㩦 㩧 㩨 㩩 㩪 㩫 㩬 㩭 㩮 㩯 㩰 㩱 㩲 㩳 㩴 㩵 㩶 㩷 㩸 㩹 㩺 㩻 㩼 㩽 㩾 㩿 㪀 㪁 㪂 㪃 㪄 㪅 㪆 㪇 㪈 㪉 㪊 㪋 㪌 㪍 㪎 㪏 㪐 㪑 㪒 㪓 㪔 㪕 㪖 㪗 㪘 㪙 㪚 㪛 㪜 㪝 㪞 㪟 㪠 㪡 㪢 㪣 㪤 㪥 㪦 㪧 㪨 㪩 㪪 㪫 㪬 㪭 㪮 㪯 㪰 㪱 㪲 㪳 㪴 㪵 㪶 㪷 㪸 㪹 㪺 㪻 㪼 㪽 㪾 㪿 㫀 㫁 㫂 㫃 㫄 㫅 㫆 㫇 㫈 㫉 㫊 㫋 㫌 㫍 㫎 㫏 㫐 㫑 㫒 㫓 㫔 㫕 㫖 㫗 㫘 㫙 㫚 㫛 㫜 㫝 㫞 㫟 㫠 㫡 㫢 㫣 㫤 㫥 㫦 㫧 㫨 㫩 㫪 㫫 㫬 㫭 㫮 㫯 㫰 㫱 㫲 㫳 㫴 㫵 㫶 㫷 㫸 㫹 㫺 㫻 㫼 㫽 㫾 㫿 㬀 㬁 㬂 㬃 㬄 㬅 㬆 㬇 㬈 㬉 㬊 㬋 㬌 㬍 㬎 㬏 㬐 㬑 㬒 㬓 㬔 㬕 㬖 㬗 㬘 㬙 㬚 㬛 㬜 㬝 㬞 㬟 㬠 㬡 㬢 㬣 㬤 㬥 㬦 㬧 㬨 㬩 㬪 㬫 㬬 㬭 㬮 㬯 㬰 㬱 㬲 㬳 㬴 㬵 㬶 㬷 㬸 㬹 㬺 㬻 㬼 㬽 㬾 㬿 㭀 㭁 㭂 㭃 㭄 㭅 㭆 㭇 㭈 㭉 㭊 㭋 㭌 㭍 㭎 㭏 㭐 㭑 㭒 㭓 㭔 㭕 㭖 㭗 㭘 㭙 㭚 㭛 㭜 㭝 㭞 㭟 㭠 㭡 㭢 㭣 㭤 㭥 㭦 㭧 㭨 㭩 㭪 㭫 㭬 㭭 㭮 㭯 㭰 㭱 㭲 㭳 㭴 㭵 㭶 㭷 㭸 㭹 㭺 㭻 㭼 㭽 㭾 㭿 㮀 㮁 㮂 㮃 㮄 㮅 㮆 㮇 㮈 㮉 㮊 㮋 㮌 㮍 㮎 㮏 㮐 㮑 㮒 㮓 㮔 㮕 㮖 㮗 㮘 㮙 㮚 㮛 㮜 㮝 㮞 㮟 㮠 㮡 㮢 㮣 㮤 㮥 㮦 㮧 㮨 㮩 㮪 㮫 㮬 㮭 㮮 㮯 㮰 㮱 㮲 㮳 㮴 㮵 㮶 㮷 㮸 㮹 㮺 㮻 㮼 㮽 㮾 㮿 㯀 㯁 㯂 㯃 㯄 㯅 㯆 㯇 㯈 㯉 㯊 㯋 㯌 㯍 㯎 㯏 㯐 㯑 㯒 㯓 㯔 㯕 㯖 㯗 㯘 㯙 㯚 㯛 㯜 㯝 㯞 㯟 㯠 㯡 㯢 㯣 㯤 㯥 㯦 㯧 㯨 㯩 㯪 㯫 㯬 㯭 㯮 㯯 㯰 㯱 㯲 㯳 㯴 㯵 㯶 㯷 㯸 㯹 㯺 㯻 㯼 㯽 㯾 㯿 㰀 㰁 㰂 㰃 㰄 㰅 㰆 㰇 㰈 㰉 㰊 㰋 㰌 㰍 㰎 㰏 㰐 㰑 㰒 㰓 㰔 㰕 㰖 㰗 㰘 㰙 㰚 㰛 㰜 㰝 㰞 㰟 㰠 㰡 㰢 㰣 㰤 㰥 㰦 㰧 㰨 㰩 㰪 㰫 㰬 㰭 㰮 㰯 㰰 㰱 㰲 㰳 㰴 㰵 㰶 㰷 㰸 㰹 㰺 㰻 㰼 㰽 㰾 㰿 㱀 㱁 㱂 㱃 㱄 㱅 㱆 㱇 㱈 㱉 㱊 㱋 㱌 㱍 㱎 㱏 㱐 㱑 㱒 㱓 㱔 㱕 㱖 㱗 㱘 㱙 㱚 㱛 㱜 㱝 㱞 㱟 㱠 㱡 㱢 㱣 㱤 㱥 㱦 㱧 㱨 㱩 㱪 㱫 㱬 㱭 㱮 㱯 㱰 㱱 㱲 㱳 㱴 㱵 㱶 㱷 㱸 㱹 㱺 㱻 㱼 㱽 㱾 㱿 㲀 㲁 㲂 㲃 㲄 㲅 㲆 㲇 㲈 㲉 㲊 㲋 㲌 㲍 㲎 㲏 㲐 㲑 㲒 㲓 㲔 㲕 㲖 㲗 㲘 㲙 㲚 㲛 㲜 㲝 㲞 㲟 㲠 㲡 㲢 㲣 㲤 㲥 㲦 㲧 㲨 㲩 㲪 㲫 㲬 㲭 㲮 㲯 㲰 㲱 㲲 㲳 㲴 㲵 㲶 㲷 㲸 㲹 㲺 㲻 㲼 㲽 㲾 㲿 㳀 㳁 㳂 㳃 㳄 㳅 㳆 㳇 㳈 㳉 㳊 㳋 㳌 㳍 㳎 㳏 㳐 㳑 㳒 㳓 㳔 㳕 㳖 㳗 㳘 㳙 㳚 㳛 㳜 㳝 㳞 㳟 㳠 㳡 㳢 㳣 㳤 㳥 㳦 㳧 㳨 㳩 㳪 㳫 㳬 㳭 㳮 㳯 㳰 㳱 㳲 㳳 㳴 㳵 㳶 㳷 㳸 㳹 㳺 㳻 㳼 㳽 㳾 㳿 㴀 㴁 㴂 㴃 㴄 㴅 㴆 㴇 㴈 㴉 㴊 㴋 㴌 㴍 㴎 㴏 㴐 㴑 㴒 㴓 㴔 㴕 㴖 㴗 㴘 㴙 㴚 㴛 㴜 㴝 㴞 㴟 㴠 㴡 㴢 㴣 㴤 㴥 㴦 㴧 㴨 㴩 㴪 㴫 㴬 㴭 㴮 㴯 㴰 㴱 㴲 㴳 㴴 㴵 㴶 㴷 㴸 㴹 㴺 㴻 㴼 㴽 㴾 㴿 㵀 㵁 㵂 㵃 㵄 㵅 㵆 㵇 㵈 㵉 㵊 㵋 㵌 㵍 㵎 㵏 㵐 㵑 㵒 㵓 㵔 㵕 㵖 㵗 㵘 㵙 㵚 㵛 㵜 㵝 㵞 㵟 㵠 㵡 㵢 㵣 㵤 㵥 㵦 㵧 㵨 㵩 㵪 㵫 㵬 㵭 㵮 㵯 㵰 㵱 㵲 㵳 㵴 㵵 㵶 㵷 㵸 㵹 㵺 㵻 㵼 㵽 㵾 㵿 㶀 㶁 㶂 㶃 㶄 㶅 㶆 㶇 㶈 㶉 㶊 㶋 㶌 㶍 㶎 㶏 㶐 㶑 㶒 㶓 㶔 㶕 㶖 㶗 㶘 㶙 㶚 㶛 㶜 㶝 㶞 㶟 㶠 㶡 㶢 㶣 㶤 㶥 㶦 㶧 㶨 㶩 㶪 㶫 㶬 㶭 㶮 㶯 㶰 㶱 㶲 㶳 㶴 㶵 㶶 㶷 㶸 㶹 㶺 㶻 㶼 㶽 㶾 㶿 㷀 㷁 㷂 㷃 㷄 㷅 㷆 㷇 㷈 㷉 㷊 㷋 㷌 㷍 㷎 㷏 㷐 㷑 㷒 㷓 㷔 㷕 㷖 㷗 㷘 㷙 㷚 㷛 㷜 㷝 㷞 㷟 㷠 㷡 㷢 㷣 㷤 㷥 㷦 㷧 㷨 㷩 㷪 㷫 㷬 㷭 㷮 㷯 㷰 㷱 㷲 㷳 㷴 㷵 㷶 㷷 㷸 㷹 㷺 㷻 㷼 㷽 㷾 㷿 㸀 㸁 㸂 㸃 㸄 㸅 㸆 㸇 㸈 㸉 㸊 㸋 㸌 㸍 㸎 㸏 㸐 㸑 㸒 㸓 㸔 㸕 㸖 㸗 㸘 㸙 㸚 㸛 㸜 㸝 㸞 㸟 㸠 㸡 㸢 㸣 㸤 㸥 㸦 㸧 㸨 㸩 㸪 㸫 㸬 㸭 㸮 㸯 㸰 㸱 㸲 㸳 㸴 㸵 㸶 㸷 㸸 㸹 㸺 㸻 㸼 㸽 㸾 㸿 㹀 㹁 㹂 㹃 㹄 㹅 㹆 㹇 㹈 㹉 㹊 㹋 㹌 㹍 㹎 㹏 㹐 㹑 㹒 㹓 㹔 㹕 㹖 㹗 㹘 㹙 㹚 㹛 㹜 㹝 㹞 㹟 㹠 㹡 㹢 㹣 㹤 㹥 㹦 㹧 㹨 㹩 㹪 㹫 㹬 㹭 㹮 㹯 㹰 㹱 㹲 㹳 㹴 㹵 㹶 㹷 㹸 㹹 㹺 㹻 㹼 㹽 㹾 㹿 㺀 㺁 㺂 㺃 㺄 㺅 㺆 㺇 㺈 㺉 㺊 㺋 㺌 㺍 㺎 㺏 㺐 㺑 㺒 㺓 㺔 㺕 㺖 㺗 㺘 㺙 㺚 㺛 㺜 㺝 㺞 㺟 㺠 㺡 㺢 㺣 㺤 㺥 㺦 㺧 㺨 㺩 㺪 㺫 㺬 㺭 㺮 㺯 㺰 㺱 㺲 㺳 㺴 㺵 㺶 㺷 㺸 㺹 㺺 㺻 㺼 㺽 㺾 㺿 㻀 㻁 㻂 㻃 㻄 㻅 㻆 㻇 㻈 㻉 㻊 㻋 㻌 㻍 㻎 㻏 㻐 㻑 㻒 㻓 㻔 㻕 㻖 㻗 㻘 㻙 㻚 㻛 㻜 㻝 㻞 㻟 㻠 㻡 㻢 㻣 㻤 㻥 㻦 㻧 㻨 㻩 㻪 㻫 㻬 㻭 㻮 㻯 㻰 㻱 㻲 㻳 㻴 㻵 㻶 㻷 㻸 㻹 㻺 㻻 㻼 㻽 㻾 㻿 㼀 㼁 㼂 㼃 㼄 㼅 㼆 㼇 㼈 㼉 㼊 㼋 㼌 㼍 㼎 㼏 㼐 㼑 㼒 㼓 㼔 㼕 㼖 㼗 㼘 㼙 㼚 㼛 㼜 㼝 㼞 㼟 㼠 㼡 㼢 㼣 㼤 㼥 㼦 㼧 㼨 㼩 㼪 㼫 㼬 㼭 㼮 㼯 㼰 㼱 㼲 㼳 㼴 㼵 㼶 㼷 㼸 㼹 㼺 㼻 㼼 㼽 㼾 㼿 㽀 㽁 㽂 㽃 㽄 㽅 㽆 㽇 㽈 㽉 㽊 㽋 㽌 㽍 㽎 㽏 㽐 㽑 㽒 㽓 㽔 㽕 㽖 㽗 㽘 㽙 㽚 㽛 㽜 㽝 㽞 㽟 㽠 㽡 㽢 㽣 㽤 㽥 㽦 㽧 㽨 㽩 㽪 㽫 㽬 㽭 㽮 㽯 㽰 㽱 㽲 㽳 㽴 㽵 㽶 㽷 㽸 㽹 㽺 㽻 㽼 㽽 㽾 㽿 㿀 㿁 㿂 㿃 㿄 㿅 㿆 㿇 㿈 㿉 㿊 㿋 㿌 㿍 㿎 㿏 㿐 㿑 㿒 㿓 㿔 㿕 㿖 㿗 㿘 㿙 㿚 㿛 㿜 㿝 㿞 㿟 㿠 㿡 㿢 㿣 㿤 㿥 㿦 㿧 㿨 㿩 㿪 㿫 㿬 㿭 㿮

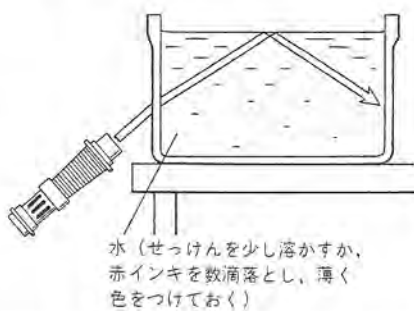
【B】光はどんな所で反射するか調べる

①水面での反射について調べる

①水面に上方から光を当てる

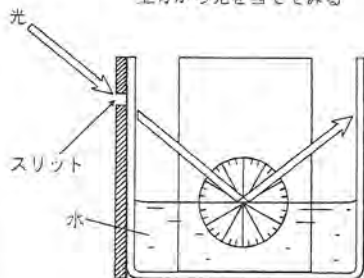


②水面に下方から光を当てる

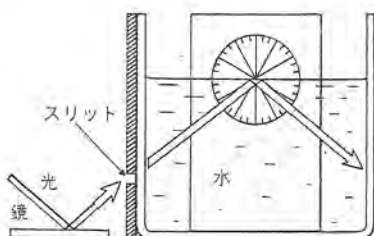


光学水槽を用いる場合

上方から光を当ててみる

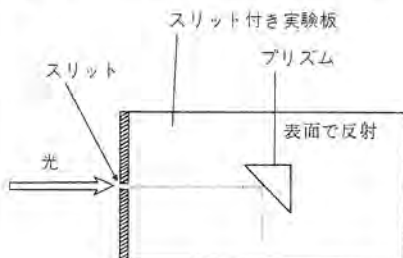


下方から光を当ててみる

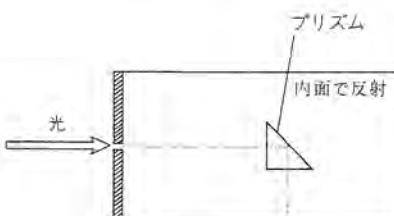


②ガラス面での反射について調べる

①プリズムの表面に斜めに光を当てる

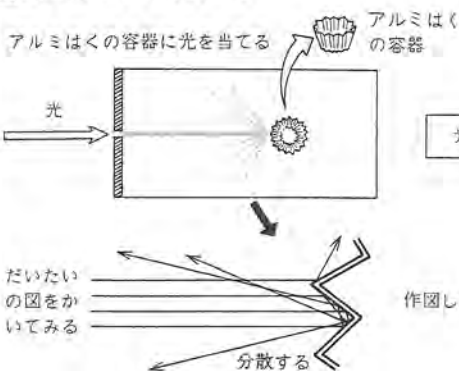


②プリズムの表面に直角に光を当てる



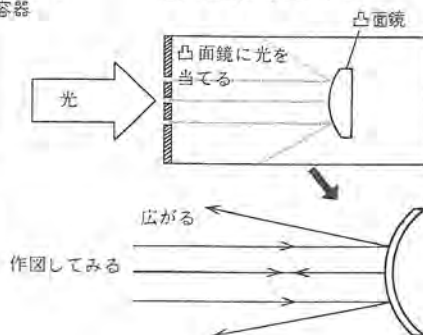
【C】平面でない場合の反射を調べる

①乱反射について調べる

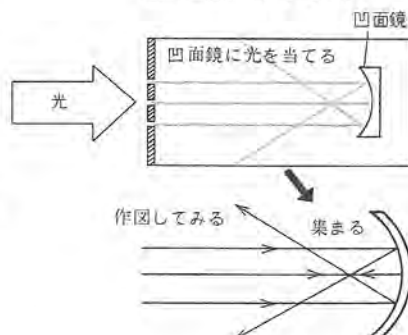


②曲面での反射について調べる

①凸面鏡に光を当てる



②凹面鏡に光を当てる



【B】光はどんな所で反射するか調べる

①留意点 水面に対していろいろと角度を変えて光を当ててみる。また鏡の場合と比較して観察してみる。

光源装置は市販のものを用いてもよいが、比較的簡単に作れるので1つ作っておくとよい（作り方は【参考】を参照）。光学水槽を用いれば、反射前後の光のたいの角度もはかれる。ただし、水槽を真横から見なければならない。

結果 光は、鏡と同様、水面でも反射することがわかる。光学水槽を用いれば、反射のきまりも鏡と同じであることが確かめられる。

解説 水面の場合は、特定の場合を除いて、光の一部は反射せずに水面で折れ曲がりながら透過していく。その反射量と透過量との割合は光の角度によって異なる。このことは、光の角度によって反射光の明るさ（光の量）が違うことによってもわかる。

図では、この透過光（屈折光）を省略してある。

②留意点 ガラスのほか、プラスチックなどいろいろなものを用いて試してみたい。

結果 ガラスやプラスチックなども鏡と同じように反射することがわかる。

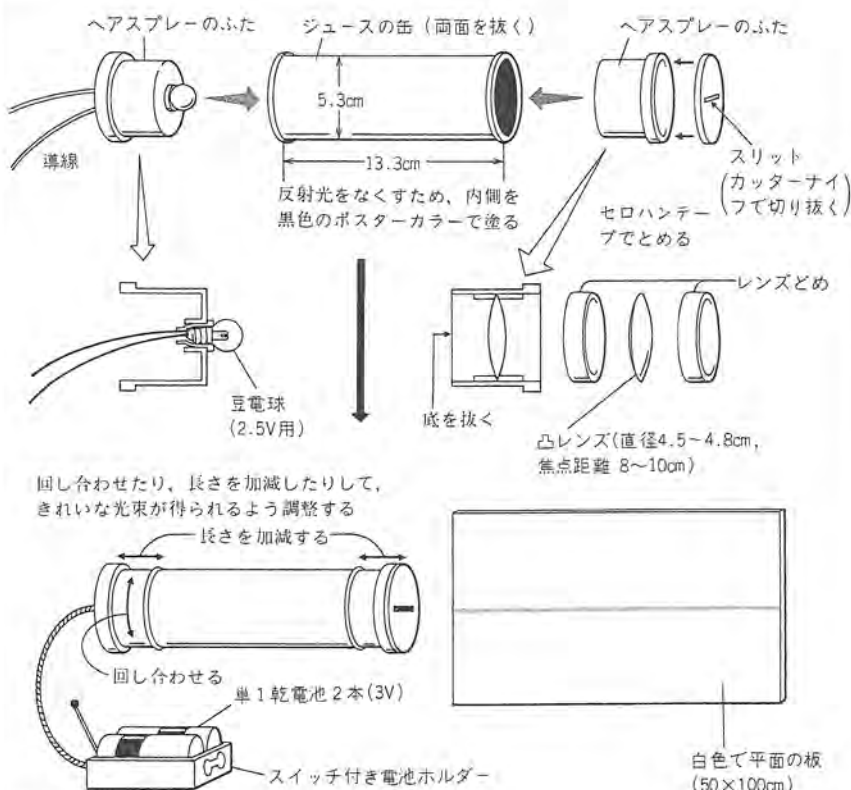
結果 水面では、光を上から当てても下から当てても反射し、ガラスやプラスチックでは、光が外側の面で反射したり内側の面で反射したりするのが見られる。このことから、光はものの境界面で反射することがわかる。

【C】平面でない場合の反射を調べる

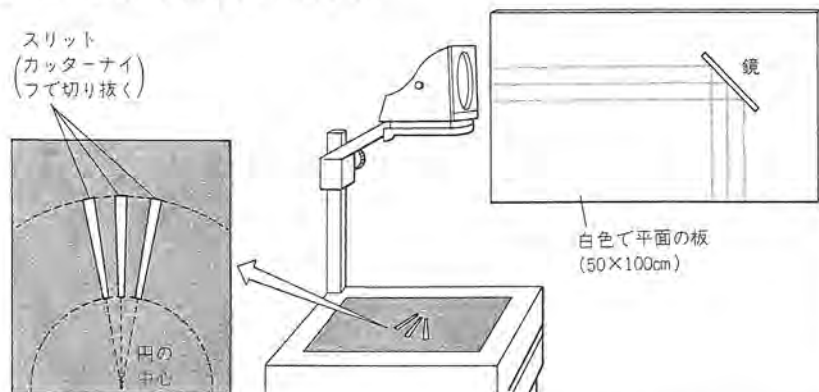
解説 乱反射の場合も、曲面での反射の場合も、平面での反射と原理は同じであることを認識させる。特に乱反射に関しては、明るい所で物がどこからでも見えるのは、物に当たった光が乱反射している結果であることを認識させる。

【参考】光源装置の作り方

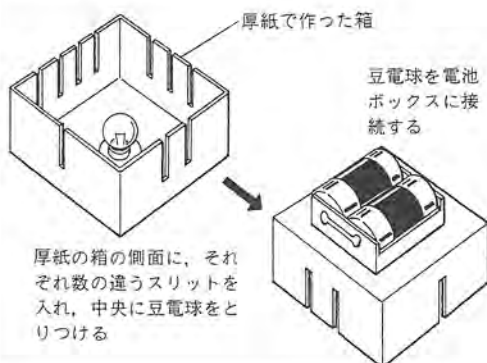
①身近なもので光源装置を作る



②OHPを光源装置として利用する



③簡単な光源装置を作る



【参考】光源装置の作り方

①解説 ヘアスプレーのふたは、プラスチック製で、ジュースの缶にちょうど入るものを探して用いる。

ジュースの缶の両底は、缶切りを使ってきれいに切りとる。

スリットは、黒色のプラスチック板、厚紙、ハガキなどで作ればよい。

電池ホルダーは、スイッチ付きのものを用いると便利である。

レンズは、文房具店や教材店で扱っている虫めがねの凸レンズを利用する。

このようにして作った光源装置は、光の直進、反射、屈折のそれぞれの実験に使える。しかも身近な材料を用いているので、ぜひ一つ作っておくとよい。

なお、きれいな光束は、豆電球のフィラメントとスリットとが平行になり、フィラメントがレンズの焦点の位置にあるときに得られる。

注意 豆電球の代わりに、バイクのヘッドランプや自動車のテールランプなどの電球を使えば、確かに明るい光束が得られるが、この程度の装置では過熱して危険である。それらを光源として用いたい場合には、もっと筒を太くするとか、強制冷却装置を取りつけるなどの工夫が必要である。

②解説 大きくて明るい、しかも平行な光束が得られるのでたいへん役に立つ。

演示実験用としては適している。

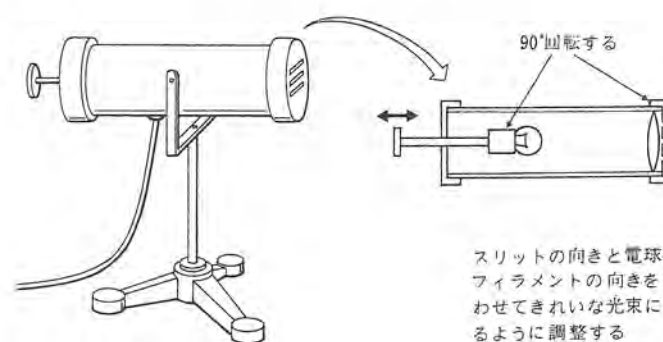
③解説 この光源装置は、集光レンズがないので光束が広がるが、定性的な実験には利用できる。

子供にも制作可能であるから、生徒一人一人に作らせるとよい。

参考 市販の光源装置は、光も強力で、光束を、収束、平行、拡散と目的に応じて出すことができる。

きれいな光束は、スリットと電球のフィラメントが平行になったときに得られる。

市販の光源装置



91 レーザー光源装置で光の反射を調べる



ねらい ①

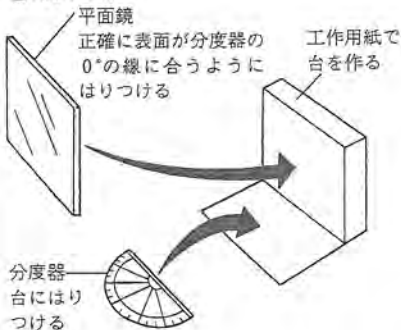
光は鏡や水面などに当たると反射することを確認められる。
光は物質と物質との境界面で反射することを確認められる。
光は反射するとき、その反射面に対して入る角度と出る角度が等しくなることが理解できる。

平面鏡^① 工作用紙 分度器 フェルトペン OHP
用TPクリアシート 虫ピン レーザー光源装置
線香 セッケン^② 光学水槽^③ スモークアクリル 光
学実験槽

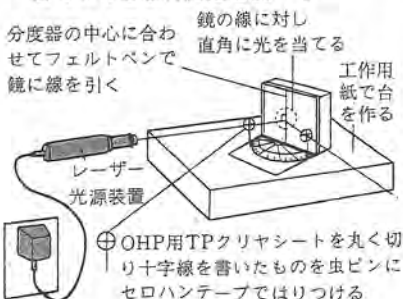
①3×5cm程度のもの。 ②蛍光染料または赤インキでもよい。
③作り方は[88]参照。

①光の反射の決まりを調べる

①用具を作る

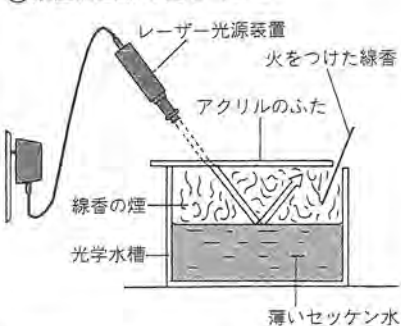


②レーザー光が鏡に当たる角度と鏡から出ていくときの角度を調べる

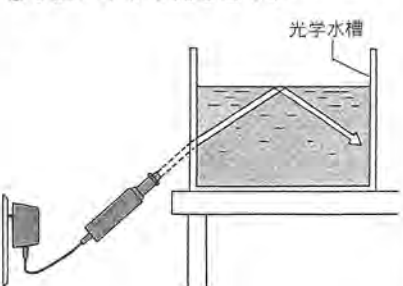


②水面での反射について調べる

①水面に上から光を当てる

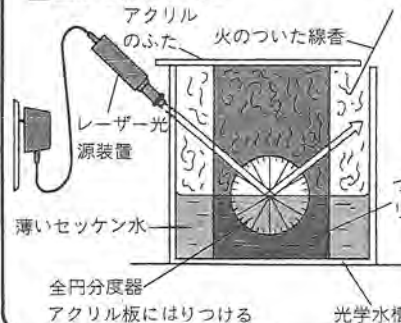


②水面に下から光を当てる

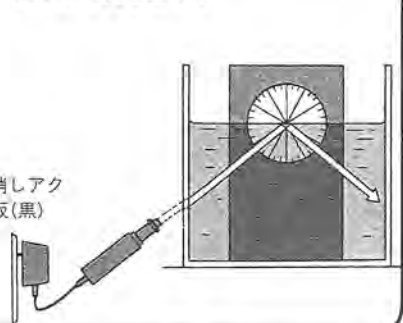


【参考実験】全円分度器で角度をはかる

①上から光を当てる

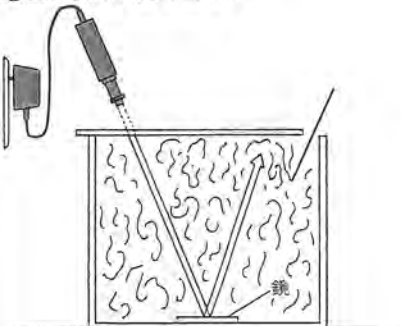


②下から光を当てる

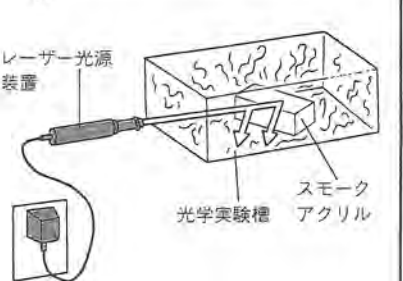


③鏡やアクリルでの反射について調べる

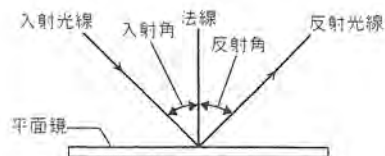
①鏡に斜めに光を当てる



②アクリルの中で反射する様子を調べる



①解説 レーザー光は空気中であまり散乱せず光路が見えにくいので、鏡の中心線に光を当て、十字線の中心に光が当たるように虫ピンを立て、入射角と反射角を測定する。入射角と反射角は等しい。



②留意点 水槽を真横から見ながら角度を測定するようにする。

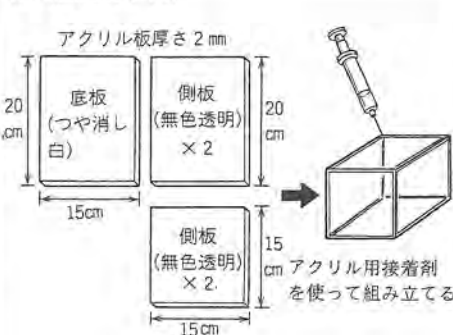
結果 光は鏡と同じように水面で反射することがわかる。

解説 水面に当たった光は反射するものと屈折して通過するもの(左図では省略している)に分かれる。入射する角度によって反射光の明るさが変わるの、入射角により、反射光と屈折光の割合が異なるためである。

③留意点 鏡のほかにもガラスやアクリル、プラスチック板などいろいろなものを使って実験するとよい。分度器を使えば入射と反射の角度が測定できる。このときも水槽を真横から見なければならない。

結果 光はどの方向から当てても水面で反射することがわかる。ガラスやアクリルでは光は外側の面と内側の面の2カ所で反射することがわかる。このことから、光は物質の境界面で反射することがわかる。

光学実験槽の作り方



92 鏡のはたらきや像の映り方を調べる

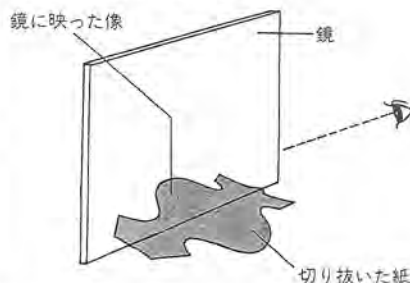
ねらい ① 鏡の面に対して対称な像ができることが調べられる。
2枚の鏡を使うと、多くの像ができることが確かめられる。
鏡を使って光を集めることができる。
潜望鏡や万華鏡を作ることができる。

鏡^① 工作用紙 はさみ のり セロハンテープ
パラフィン紙 輪ゴム ガラス(3×20cm)^② 黒い紙 プラスチックの薄片など^③ 白い板^④ 温度計 粘土 傘 アルミはく 両面接着テープ

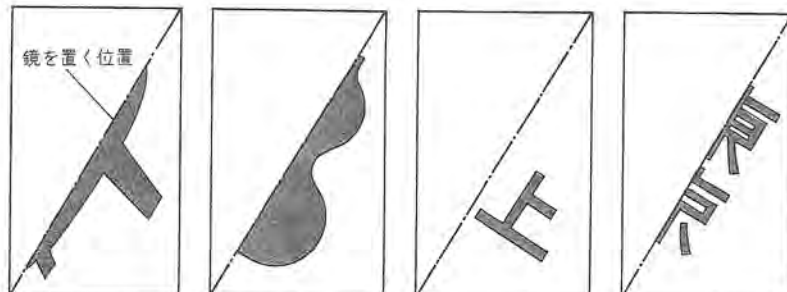
①はがき大のもの5、等身大のもの1、4.5×6.5cmのもの1、2×3cmのもの1。②鏡でもよい。③図の留意点を参照。
④板に白い紙をはってもよい。

① 鏡を置く位置と像のでき方の関係を調べる

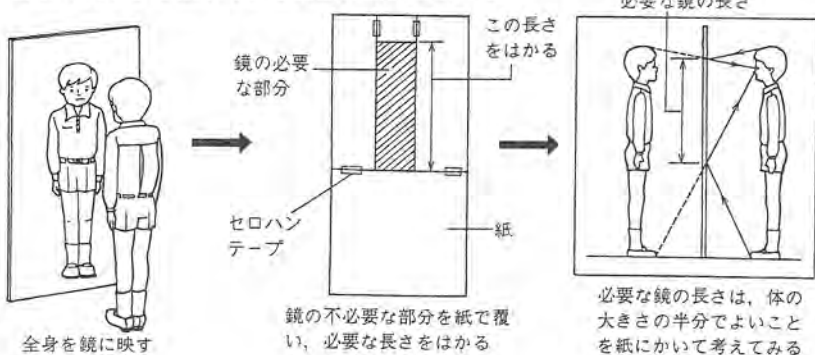
① いろいろな形に切り抜いた紙の上に鏡を置いて、鏡に映る像を観察する



② いろいろな形のシートを作り、鏡を置いたときに見える像を想像してかいてみる



② 鏡の大きさと像ができる範囲の関係を調べる



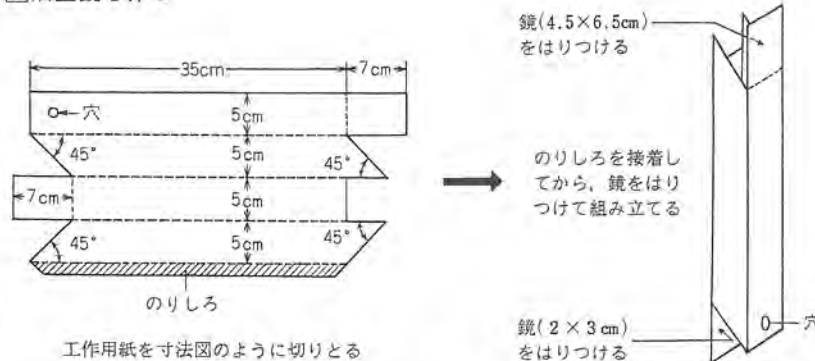
① 留意点

① 鏡をいろいろな位置に置いて、おもしろい形を作ってみるとよい。
② 図にかいた後、実際に鏡を置いて、図が正しかったかどうかを確かめるとよい。

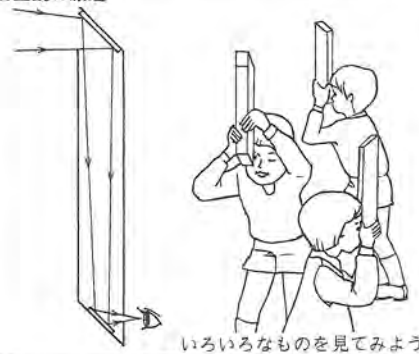
② 留意点 不必要な部分に紙をはるときには、共同作業で行う。セロハンテープを用いるとよい。

結果 全身を映すための鏡の長さは、身長のおよそ1/2以上あればよいことがわかる。

③ 潜望鏡を作る

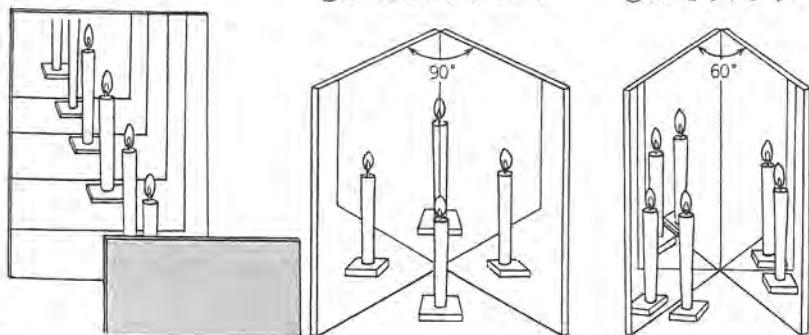


潜望鏡の原理



④ 2枚の鏡をいろいろな角度に置いて、像の映り方を観察する

① 平行に置く ② 90°をなすように置く ③ 60°をなすように置く



③ 解説 この潜望鏡は、工作用紙でできる最大の大きさである。

留意点 筒の内側は黒く塗っておいたほうがよい。

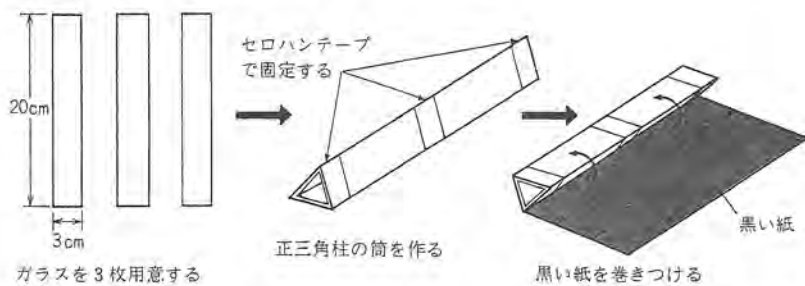
鏡をはりつけるには、両面接着テープを用いると便利である。

④ 留意点 鏡の大きさは、A5判ぐらいがよい。

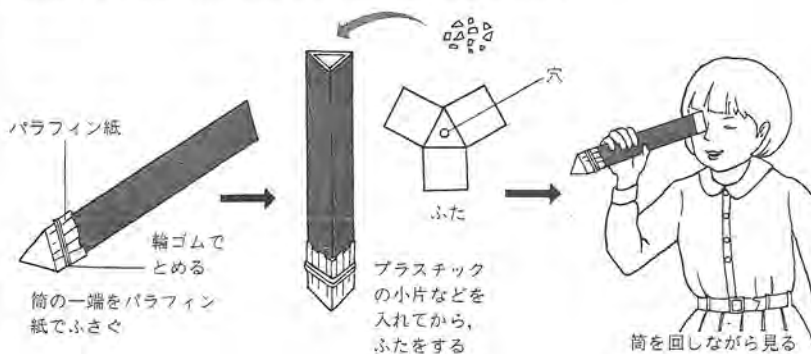
物をいろいろな位置に置いて像のでき方を観察し、図に描いてみるとよい。

⑤ 万華鏡を作る

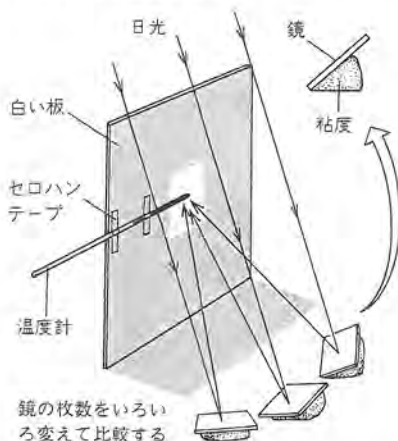
① ガラスで正三角柱の筒を作り、黒い紙を巻きつける



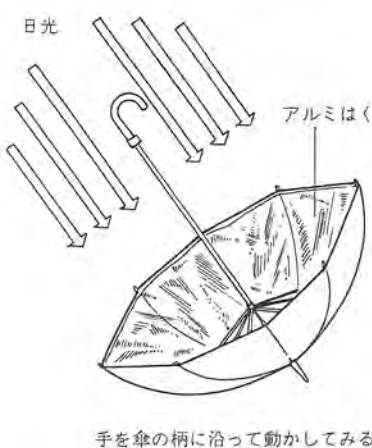
② 筒の中にプラスチックの小片などを入れて、両端をふさぐ



⑥ 鏡を使って光を重ね、明るさや温度の上がり方を比較する



⑦ 傘の内側にアルミはくをはり、光を集めてみる



⑤ 留意点

① ここでは筒の材料にガラスを使っているが、できれば鏡を使ったほうがよい。鏡を使えばきれいに映る。しかし、光を反射するものであれば、どんなものを使ってもよいわけだから、例えば、プラスチック板(下敷き、箱のふたなど)、ビニルコーティングした厚紙などを使ってもよい。ただし、プラスチックフィルムなどを使うときには、平面になるように整形しておかないと、きれいな模様が見えない。

② 筒の中に入れる小片は、透明で色のついたものを使えば、カラフルな模様ができるし、不透明なものを使えば、シルエットの模様ができる。できるだけいろいろなものを入れると、多様な模様できて楽しい。色セロハン、色プラスチック、ビーズ玉など、いろいろなものを工夫してみるとよい。

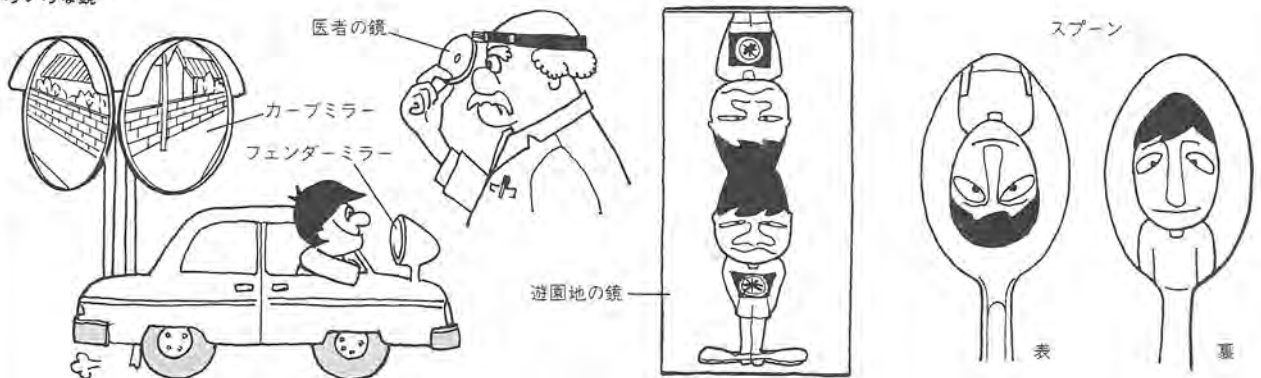
⑥ 留意点 鏡で反射させた光を映す板は、日光を裏面で受けるように置く。温度は一定時間ごとにはかる。明るさは、光度計を使ってはかる。太陽電池を使って、電流値を読みとって比較してもよい。鏡の枚数をいろいろ変えて比較してみる。また、得られたデータをグラフ化してみるとよい。

解説 鏡の枚数を多くするほど、明るくなり、温度の上昇も激しくなる。

⑦ 留意点 傘の内側にアルミはくをはるには、次のようにすればよい。まず、アルミはくを傘の外側に当てて形をとり、形に合わせて切り取る。次に、そのアルミはくを、傘の内側に両面接着テープではりつける。

解説 傘は、放物面にはなっていないが、ある程度光は集まる。手を傘の柄に沿って動かしてみると、暖かさを強く感じる所がある。

いろいろな鏡



硬貨 茶わん ビニル管 大型注射器 ひだ付き
ストロー ボール(1000cm³) 光学実験台^① いろ
いろな形の水槽^② いろいろな形のガラス(または
プラスチック) 光源装置 厚紙 水槽 ガラスの
ふた 線香 アクリル板 接着剤(ジクロロメタン)
①作り方は [86] を参照。

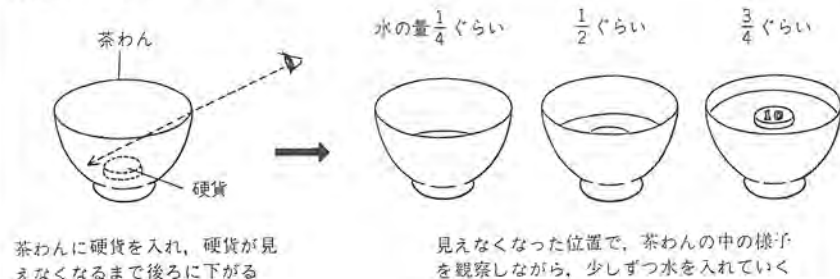


ねらい ①

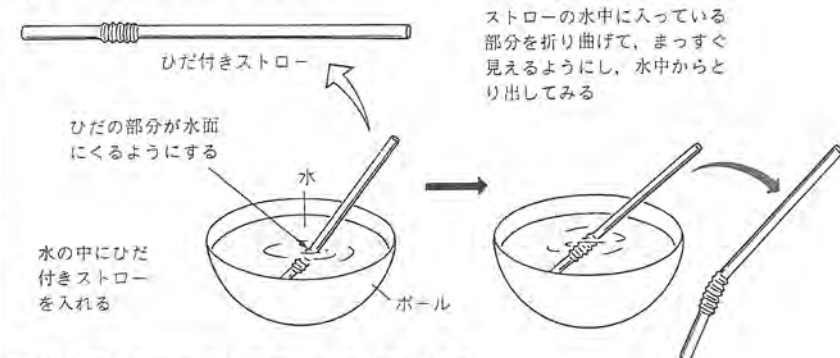
質の違う物の中へ光が進むとき、その境で屈折することが理解できる。

光が屈折する現象を、実験で再現することができる。

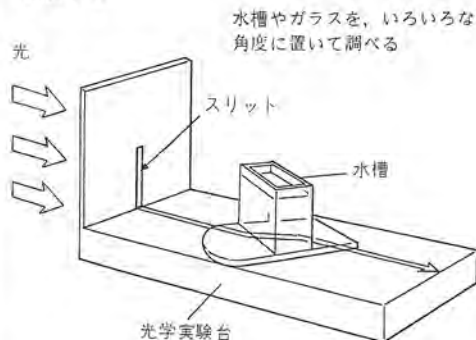
①水中の硬貨を観察する



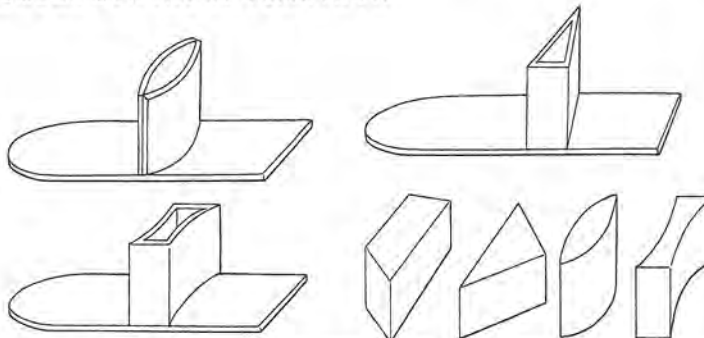
②水中のストローを観察する



③水槽やガラスに光を当て、光が進む様子を観察する

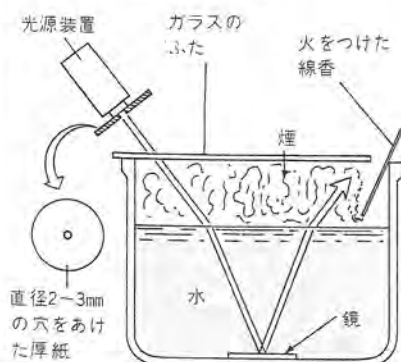


塩化ビニル板で作ったいろいろな水槽やガラス

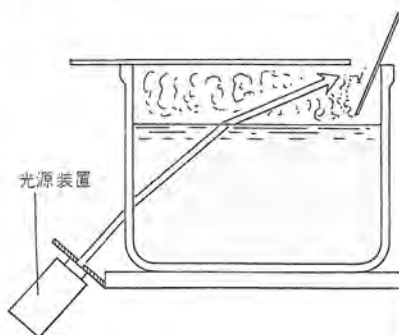


④空気中と水中の光の進み方を観察する

①空中から光を当ててみる



②水中から光を当ててみる



①留意点 水は、できるだけ静かに注ぐ。

水を増やしていくときだけでなく、減らしていくときについても観察するとよい。このためには、水を出し入れするとき、大きな注射器にビニル管をとりつけたものを用いると便利である。観察しながら、1人で水を出し入れすることができる。



解説 見えなかった硬貨が、茶わんに水を注ぐことにより見えるようになる。ここでは、問題意識を持つ程度でよい。

②解説 まっすぐなストローを水中に斜めに入れると、水面で折れ曲がって見える。この状態で、ストローの水中の部分を水面のところで下方に曲げると、まっすぐに見えるようになる。しかし、このストローを水中からとり出すと、ストローは曲がっている。

ストローを水の中に入れたときに、まっすぐなストローが曲がって見えたり、曲がったストローがまっすぐに見えたりするのは、光が水中に入るときに曲がって進むからである。

③留意点 光源は、平行光線を出すものであればよい。もし豆電球をそのまま使うときには、スリットから20cm以上離すとよい。かなり平行光線に近づく。

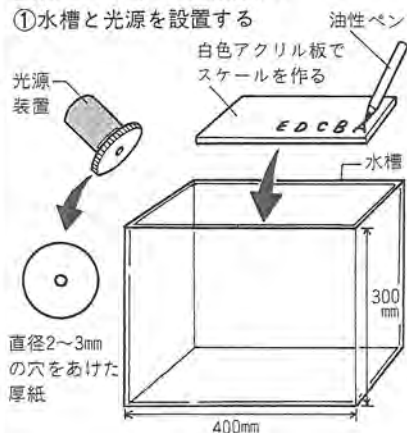
いろいろな形の水槽やガラス(またはプラスチック)を使って調べる。

解説 図では省略してあるが、実際には反射光も観察される(【参考】⑤も同様)。

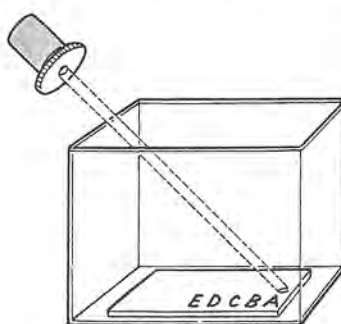
④留意点 水槽の水には、赤インキを数滴落とすか、蛍光染料を少し加えておく。薄いせっけん水を用いてもよい。光源には、細い平行光線を用いる。

⑤光のスポットを観察する

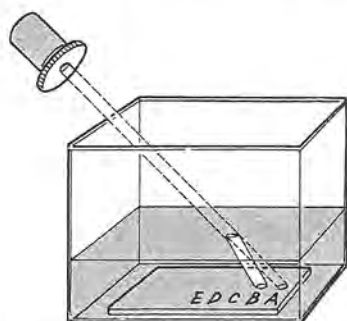
①水槽と光源を設置する



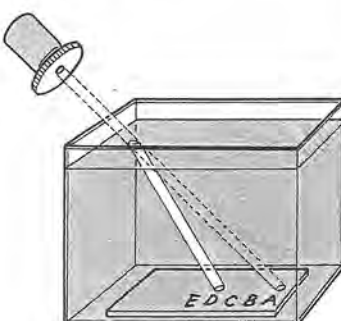
②光源を点灯し、スポットをAに合わせる



③水槽に水を入れ、スポットの位置を観察する

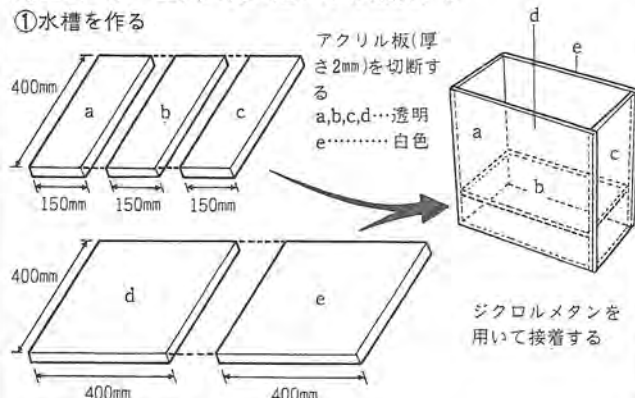


④さらに水を入れてみる

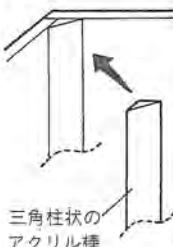


⑥空気→水→空気の光の進み方を観察する

①水槽を作る

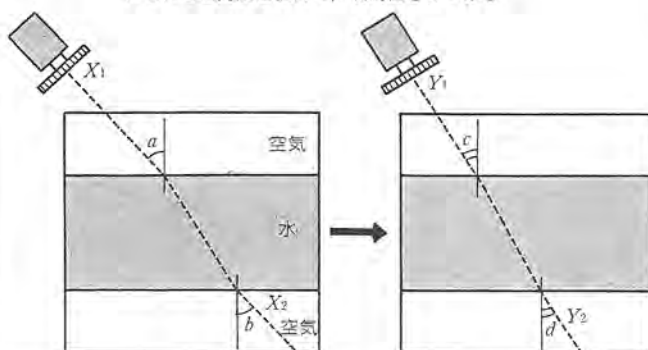


補強の工夫
コーナーにアクリル棒を接着して補強する

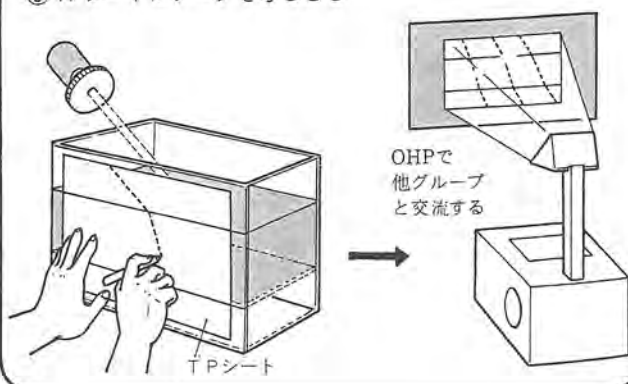


②水槽に水を入れ、光の屈折の様子を観察する

いろいろと角度を変えて、規則性を見つける



③TPシートにデータを写しとる



⑤③(留意点) 水は、できるだけ静かに注ぐ。水を増やしていくときだけでなく、減らしていくときについても観察するとよい。光源装置の位置、光線の変えをしないようにする。

(結果) 水槽に水を入れると、光は水面で屈折し、スケール上のスポットの位置はAからBのほうへと移動することがわかる。

④(結果) 水の深さが深くなるにつれて、スケール上のスポットの位置がB→C→D→Eと移動していくことがわかる。

⑥(留意点) この装置を用いると、空気→水→空気の3層にわたって実験できるので、⑤と逆に水中から空気へと光が進む場合の実験を行うときに、水中に光源装置を入れる必要がない。

接着剤はジクロロメタンを使用し、注射器で注入する。ジクロロメタンは薬局で入手できる。また、アクリル用の接着剤が市販されている。

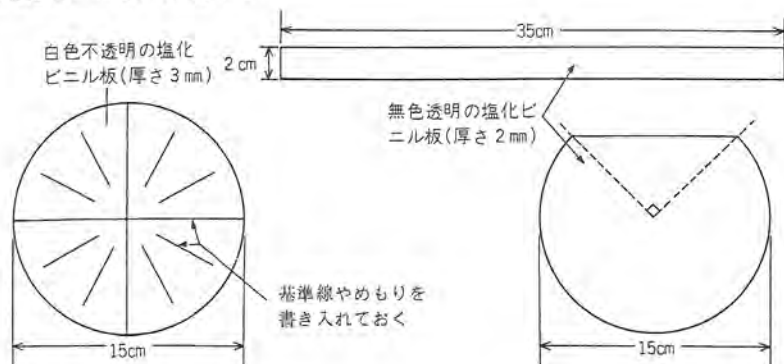
この装置はグループごとに1セット製作して与えるとよい。

⑥②の操作を終えたら、光源装置を水槽の下にして、実験してみるとよい。

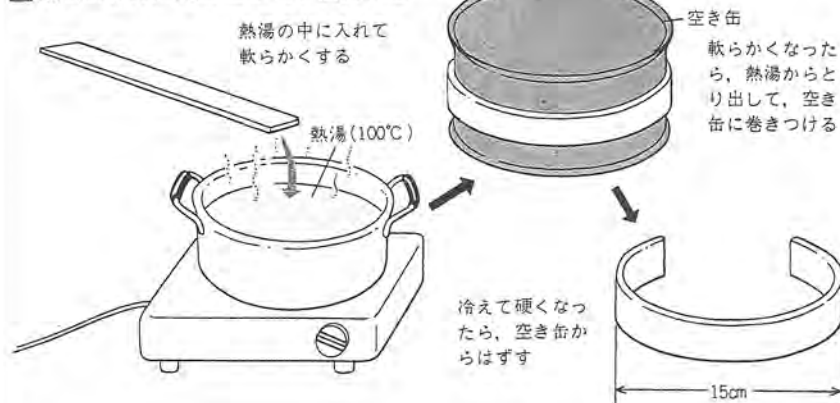
(結果) $a = b, X_1 // X_2$
 $c = d, Y_1 // Y_2$

【参考】光学水槽の作り方

①塩化ビニル板を切断する



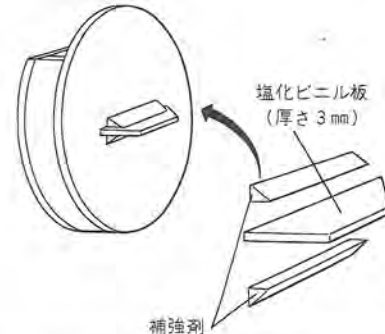
②側面部分の塩化ビニル板を整形する



③各部を接着する

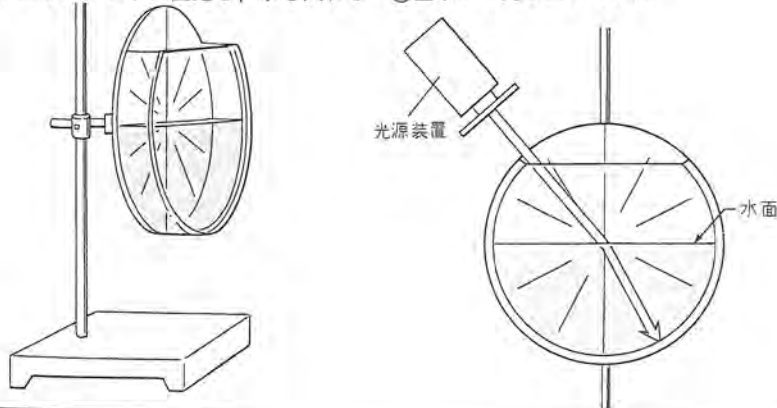


④スタンド支持用の板を接着する

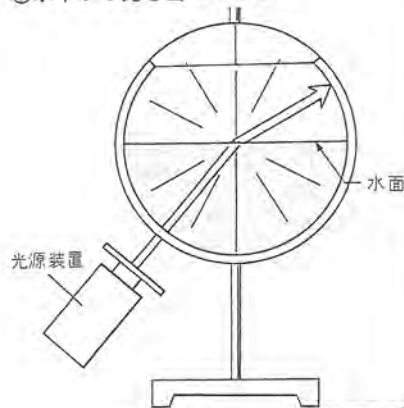


⑤空気中⇔水中の光の進み方を観察する(実験例)

①水槽をスタンドに固定し、水を入れる ②空中から光を当ててみる



③水中から光を当ててみる



【参考】光学水槽の作り方

解説 この水槽の特徴は次のとおりである。

- 光の道筋がよく見える
- 光の反射や屈折の様子がよく見える
- 水面に対する入射光の角度を自由に選べる
- 光の反射や屈折の度合いを、ある程度定量的にとらえることができる

① 留意点 材料として塩化ビニル板を使ったのは、加工がしやすいからである。場合によっては、アクリル板を使ってもよい。ただし、どちらの板を使うにしても、全体を同じ材質にしないと、接着がうまくいかない。

切断は、ノコギリ、プラスチックカッター、カッターナイフなどで行う。基準線やめもりは、きりで溝を掘り、黒色油性インキを入れておく。

③ 留意点 接着剤は、液体の塩化ビニル専用のものを使う。そして、多くつけ過ぎないようにし、最小限にとどめる。塩化ビニル板に流れたりこぼれたりすると、傷になって残る。

接着面は密着するように加工しておく。密着していないと、接着力が弱くなる。

注意 接着剤は揮発性である。ガスを大量に吸入したり、目に入らないように気をつける。危険である。

⑤ 留意点 水は、必ず基準線まで入れる。光源は、平行光線を1本のスリットから出したものを使う。

解説 光線を、めもりの中心を通すことにより、反射や屈折の様子を定量的にとらえることができる。

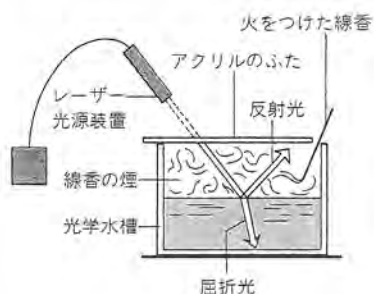


ねらい 図1 光が質の違う物質の中に進むとき、その境界面で屈折することが理解できる。
光が境界面に対して垂直に進むときは、境界面で屈折しないことが理解できる。

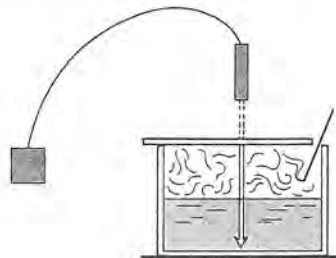
①作り方は⁸⁸を参照。②蛍光染料または赤インキでもよい。
③作り方は⁹¹を参照。

①空気中⇄水中の光の進み方を調べる

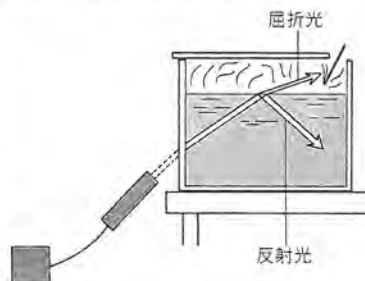
①水面上から光を当てる



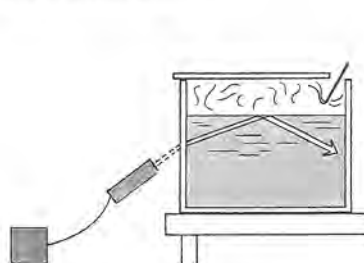
②水面に直角に光を当てる



③水面に下から光を当てる

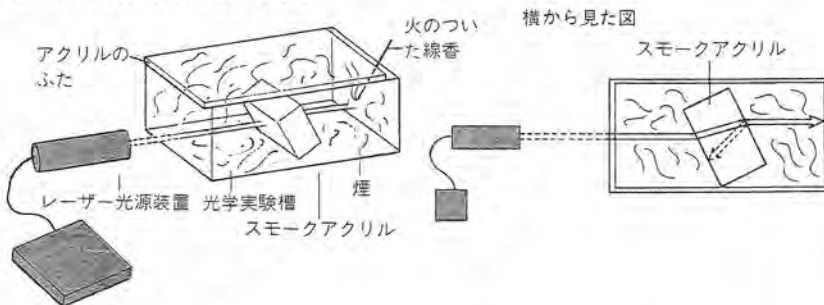


④水の全反射を調べる

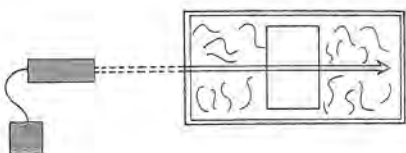


②空気中⇄アクリル中の光の進み方を調べる

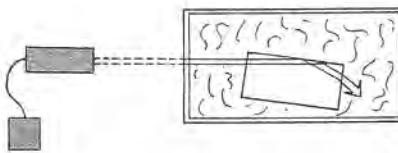
①アクリルに斜めに光を当てる



②アクリルに直角に光を当てる



③アクリルの全反射を調べる



①留意点 水槽の水は薄いセッケン水や少量

の赤インキまたは蛍光染料を加えたものが光路がよく見える。また、全円分度器を使用すると入射と屈折の角度をはかることができる。屈折光、反射光、全反射光などの光の強さにも注目させるとよい。
結果 光は水面に斜めに入射するとき屈折と反射をすることがわかる。水面に直角に当たるときは屈折しないことがわかる(反射は起る)。全反射は水中から水面に光が入射するとき起ることがわかる。

解説 光の屈折が起るのは水面に対して斜めに入射するときである。光は水に入るときは水面から遠ざかるように折れ曲がり、水から出るときは水面に近づくように折れ曲がる。また、水面で反射も観察される。光が水中から水面におよそ49°以上で入射すると屈折は起らず、全反射する。このとき光が空気中へ出ないことを確認する。全反射は屈折率が小さい物質との境界面に光が入射するとき起る。

②留意点 線香の煙に代えて少量のドライアイスを入れても光路がよく見える。

結果 光はアクリルの面に斜めに入射するとき屈折と反射をすることがわかる。直角に入射するときは屈折しないことがわかる。全反射はアクリル中から光が境界面に入射するとき起ることがわかる。

解説 光の屈折および反射が起るのはアクリルの面に対して斜めに入射するときである。アクリルの面に対して直角に入射するときは屈折しない。屈折の仕方は水の場合と同じであり、反射も観察される。また水の場合と同じように全反射する。

結果 アクリルでは光は外側の面と内側の面の2カ所で屈折することがわかる。反射の実験結果とこのことから、光は物質の境界面で屈折と反射をすることがわかる。また、全反射は光が空気との境界面に入射するときに境界面で起る。

95 ガラスや水の屈折率を求める



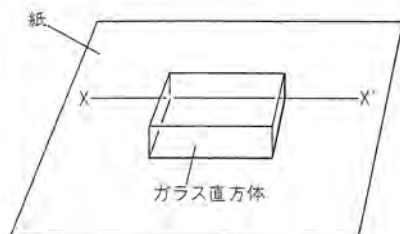
ねらい ④1 ガラスや水の屈折率を求めることができる。
屈折率は、入射角の大小には関係なく、屈折させる物質により一定の値であることが確かめられる。

[A] ガラス直方体(または台形ガラス) 紙 針
鉛筆 コンパス ものさし **[B] 板^①** ねじ 針
おもり 角形水槽 スタンド ドライバー 鉛筆
コンパス ものさし

①平らなものと、細長いもの。

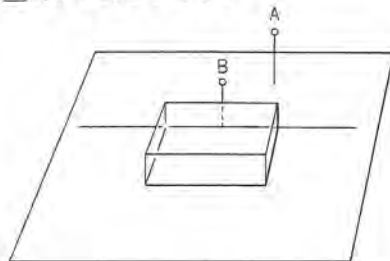
【A】ガラスの屈折率を求める

①机上の紙の上にガラスを置く



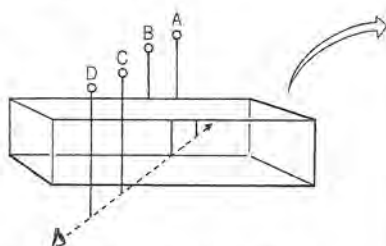
紙に直線XX'を引き、直方体の長いほうの側面を重ねるようにガラスを置く

②針Aと針Bを立てる

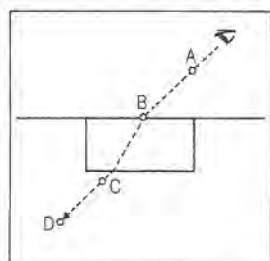


XX'の中央あたりに針Bを立て、次のように適当な位置に針Aを立てる

③針Cと針Dを立てる

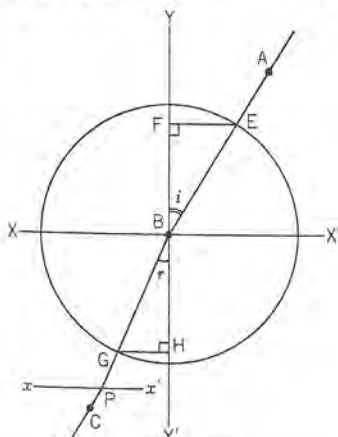


ガラスを通して針Aと針Bを見ながら、それらと重なって見えるように針Cを立てる。同様に針Dを立てる



針Aの方向から見ても重なって見えることや、上方から見てAB//CDになっていることを確かめておくことよい

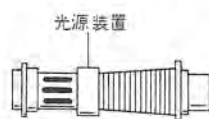
④ガラスをとり除き、作図と計算で屈折率を求める



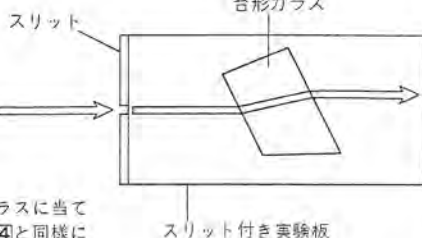
- ①ガラスのXX'側の反対側の側面が紙に接している所に線xx'を引き、ガラスと針をとり除く
- ②針Aと針Bの針穴を直線で結ぶ。同様に、針Cと針Dの針穴も直線で結び、xx'との交点をPとする。次に、点Bと点Pを直線で結ぶ(これらの点A・B・P・C・Dを結んだ線が光の道筋である)
- ③点Bを通り、XX'に対して垂直な線YY'を引く
- ④点Bを中心として、適当な半径の円を描く
- ⑤円と光の道筋との交点をそれぞれE、Gとし、それぞれの点からYY'に垂線を引く。そして、YY'との交点をそれぞれF、Hとする
- ⑥EFとGHの長さをはかり、屈折率を求める

$$\text{屈折率(垂線の長さの比)} = \frac{\text{EFの長さ}}{\text{GHの長さ}}$$

光源装置を用いる方法



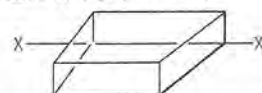
スリットを通した光をガラスに当てて、光の道筋を記録し、④と同様に作図と計算で屈折率を求める



スリット付き実験板

【A】ガラスの屈折率を求める

①留意点 台形のガラスを用いる場合は、紙の上に次のように置く。



②留意点 針は、紙面に対して垂直になるように立てる。

③留意点 紙にあげた針穴で作図するので、針の頭のほうではなく、足の部分(紙のほう)が一直線上に見えるように気をつける。また、目の位置によって針の位置が変わって見えるので、目をできるだけ紙面に近づけて見る。

参考 4本の針を立てた後、Aの側から見てもBの側から見ても重なって見えることを「光の逆行程の原理」(光の道筋は、光の進む道を逆にしても、もとと同じ道を進むという原理)という。

④解説 入射角*i*(∠EBF)と屈折角*r*(∠GBH)を分度器で測定し、次式により屈折率を求める方法もある。

$$\text{屈折率} = \frac{\sin i}{\sin r}$$

この場合、三角関数は学習していないので、関数電卓を用いて操作的に屈折率を求める程度でよい。

このようにして屈折角から求めた測定値と、線分EFとGHの比から求めた測定値を比較してみるのもおもしろい。

留意点 1つの物質で角度を変えて実験し、屈折率は物質により一定になることを確かめるとよい。また、屈折率が異なる物質が得られれば、同じ条件で調べて、屈折の様子が異なることを確かめてみるとよい。

結果 同一のガラスで、入射角を変えて2回測定したときのデータ例を次に示す。

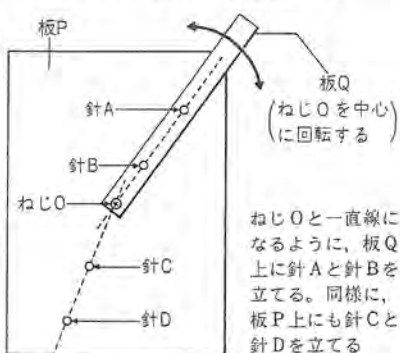
	EF/GH	屈折率	入射角 <i>i</i>	屈折角 <i>r</i>
1	1.2/0.8	1.5	26.5°	17.0°
2	2.3/1.5	1.5	63.3°	35.5°

参考 光源装置とスリットを用いると、左の囲み図のように光の屈折の様子を観察しながら、屈折率を求めることができる。スリットを通した光をガラスに当てると、屈折の様子がよく見える。また、このときガラスを動かすと、屈折の変化の様子がよく観察できる。

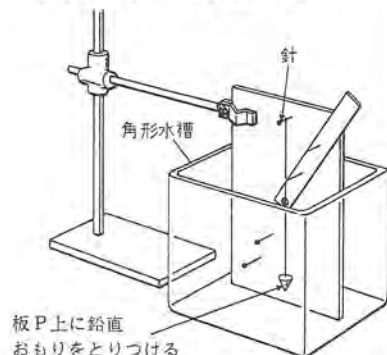
屈折率は、光の道筋に針を立て、④と同様の方法で求めればよい。

【B】水の屈折率を求める

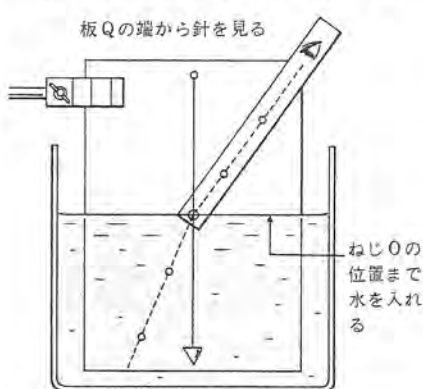
① 平らな板Pに細長い板QをねじOでとりつけ、針A～Dを立てる



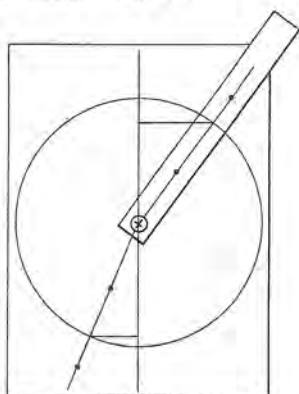
② 板を角形水槽内に入れ、鉛直になるようにスタンドで固定する



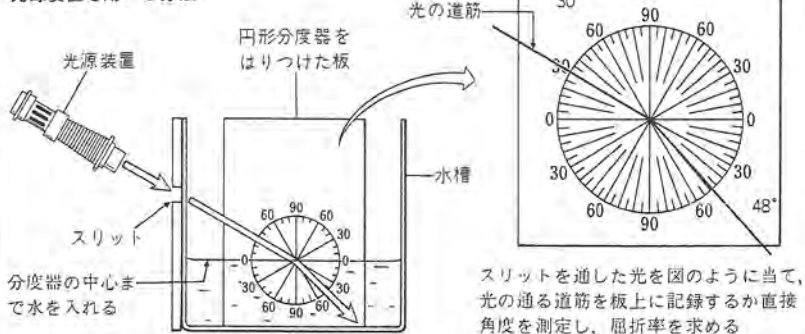
③ 水槽内に水を入れ、板Qを回して4本の針が一直線に見えるようにする



④ 水槽内から板を取り出し、作図と計算で屈折率を求める

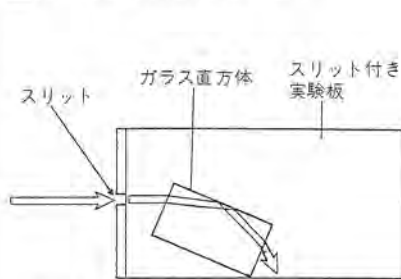


光源装置を用いる方法



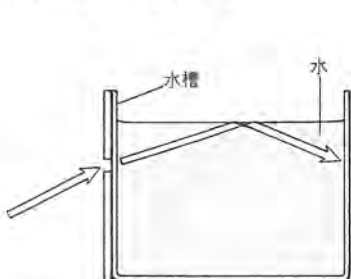
【参考実験】全反射を調べる

① ガラスの全反射を調べる



スリットを通した光源装置の光をガラスに当て、ガラスを動かして入射角をいろいろ変えてみる

② 水の全反射を調べる



スリットを通した光源装置の光を図のように当て、水面に対する入射角をいろいろ変えてみる

【B】水の屈折率を求める

解説 この実験は、水面を安定させるのが難しく、考えるよりも困難である。測定結果も、慣れるまで良くないことが多い。小グループで繰り返し実験し、操作に慣れることが、良い結果や考察が生まれるものになる。しかし、液体を水以外のものに変えたり、角度を変えたりするなど、工夫のしやすい実験である。

また、この実験は、水中に入射する光の道筋を決める実験ではなく、水中から出てくる光の道筋を決める実験なので、「光の逆光の原理」(【A】③の参考を参照)を説明しておく必要がある。

針Cと針Dは、全反射しないような位置に立てる必要がある(【参考実験】を参照)。

① **留意点** 板Pと板Qの大きさや、ねじOの位置などは、水槽の大きさを考慮した上、図を参考にして適当に決めればよい。

③ **留意点** 板Qを回すときには、水面が波立たないように、静かに操作する。

④ **解説** 作図と屈折率の計算方法は、基本的には【A】④と同じである。

留意点 針Cと針Dの位置を変えて(角度を変えて)、何度か試してみるとよい。

水以外の、屈折率の異なる各種の水溶液についても調べてみるとよい。

参考 光源装置と光学水槽を用いると、左の囲み図のように光の道筋を観察しながら、屈折率を求めることができる。

水槽内の水に、少量のフルオレセインか赤インキを加えておくと、光の進路がわかりやすい。

このように、光源装置と光学水槽を用いる方法のため、工夫や改良された装置がこれまで数多く作られている。多くのグループで同一結果を得たいときには、統一された装置で、実験書に沿って実験するとよい。また、プラスチック容器などを用いて、目的に合った装置を自作するのもおもしろい。

【参考実験】全反射を調べる

解説 入射角が90°近くになると、屈折角はある一定値、例えば水で49°、ガラスで42°に近くなる。



したがって、上図のPの角度より少し小さい角度から進む光は、境界面で屈折することなく反射する。これを全反射という。屈折率の大きい物質ほど全反射の角度(図におけるP)が大きい。



ねらい田園

光は、プリズムにより分散され、スペクトルとなることが調べられる。

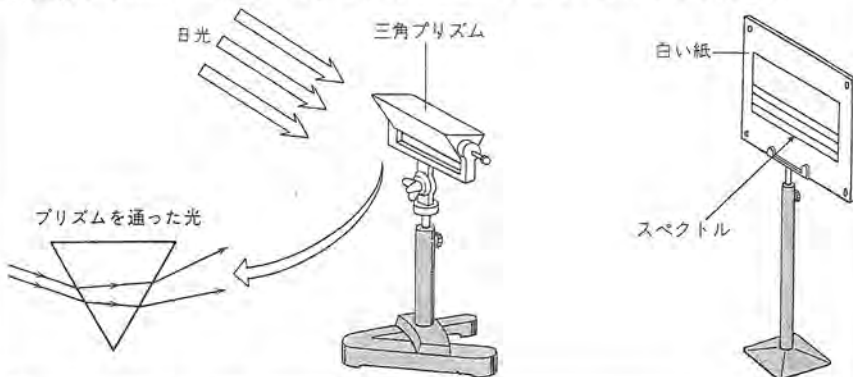
いろいろな光源から出た光のスペクトルは、光源に固有な分布を示すことが調べられる。

[A]三角プリズム スクリーン^① スリット フィルター^② 色紙 **[B]** いろいろな光源^③ いろいろな元素を含む化合物^④ 塩酸 純水 ビーカー 反応棒^⑤ ガスバーナー 直視分光器

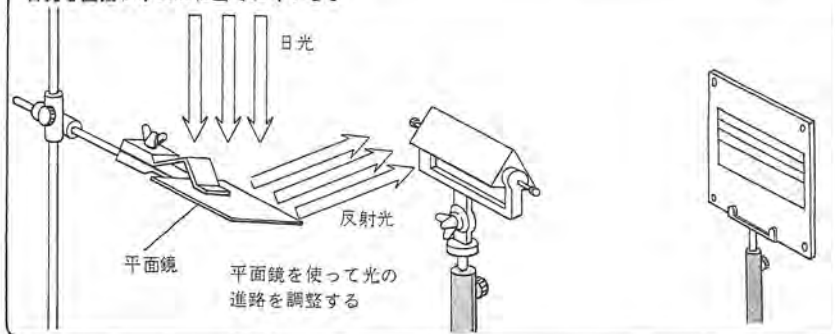
①ついでに白紙をはったもの。②カメラ用のものがよいが、なければ色セロハンや色ガラスでもよい。③**[B]**①④を参照。④塩化ナトリウム、硫酸銅、塩化カリウム、硝酸ストロンチウム、硝酸カルシウムなど。⑤白金線かニクロム線。

[A]三角プリズムによる日光の分散

①三角プリズムに日光を当て、スクリーンにできるスペクトルを観察する

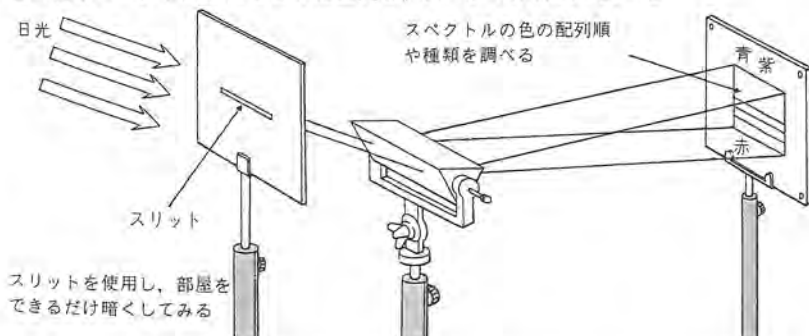


日光を直接プリズムに当てにくいとき

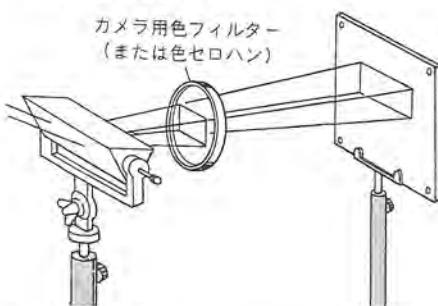


②スペクトルを詳しく調べる

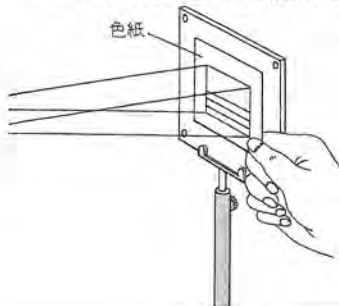
①鮮明なスペクトルを得るように工夫し、スペクトルの色を調べる



②光の道筋に色フィルターを入れ、スペクトル(色)の変化を観察する



③スクリーンの上に色紙を置き、スペクトル(色)の変化を観察する



[A]三角プリズムによる日光の分散

①留意点 どこにどのようなスペクトルが見られるかを観察する。

スクリーンに対して、プリズムをどのような位置に置いたとき、きれいな形のスペクトルになるかを調べてみるとよい。

解説 このように、スリットを使わずにプリズムに光を当てると、明るくて幅の広いスペクトルが見られる。

②留意点 スクリーンを置く所は、できるだけ暗くなるようにする。

スリットをとり除いたときと、スリットを使用したときのスペクトルの様子を比較してみるとよい。

スペクトルの色を、何色識別できるかを調べてみるとよい。24色の色鉛筆などと比較してみるのもよい方法である。また、スクリーンをプリズムに近づけたり遠ざけたりしたときの、スペクトルの色の变化も観察してみるとよい。

プリズムとスクリーンの間に凸レンズ(または虫めがね)を入れて、スクリーンに光が集まるようにし、どのような色になるかを調べてみるのもおもしろい。

解説 スリットを使用することにより、スペクトルが鮮明になる。ただし、スリットを使わないときに比べて暗くなるので、スクリーンに他の光が差し込まないようにしないと観察しにくい。暗くなるのは、スリットを使わないときよりも光量が少なくなるからである。

スクリーンをプリズムに近づけると、赤と紫ぐらいしか観察できないが、遠ざけると、多くの色が観察できる。

②留意点 いろいろな色のフィルターで試してみるとよい。

解説 例えば赤いフィルターを入れたとすると、赤い光以外は消え、赤い光だけがフィルターを通る。

フィルターとして色セロハンを用いた場合、明るい所で見たセロハンの色とは異なる2~3種の色を通すことがあり、カメラ用フィルターを用いた場合と結果が異なることが多い。

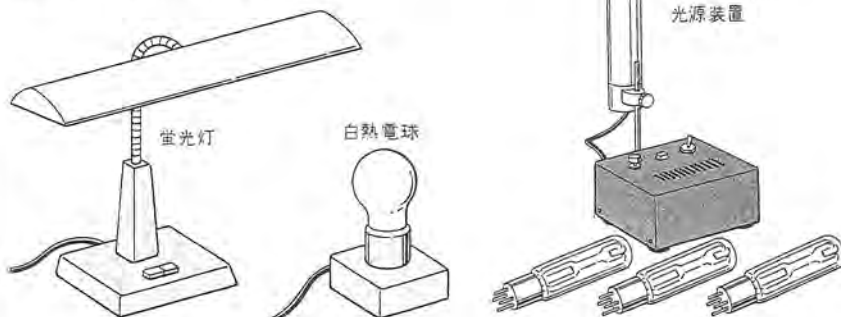
③留意点 スクリーンの上に、いろいろな色の色紙を置いたり、とり除いたりし、色の变化を比べてみる。

解説 同じ色の紙でも、スペクトルを当てて見ると、ずいぶん異なった色に見えるものがある。

【B】分光器による光の分散

① いろいろな光源から出る光を、分光器で観察する

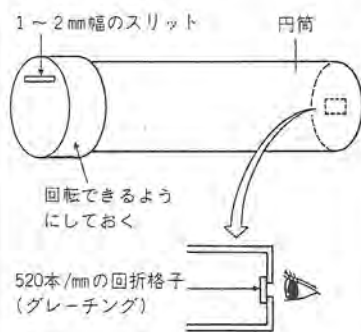
① いろいろな光源を用意する



② それぞれの光源から出る光を、直視分光器で観察する

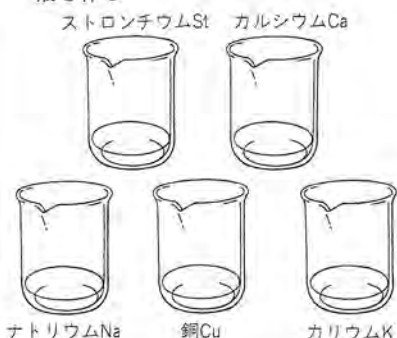


簡易分光器の自作の方法



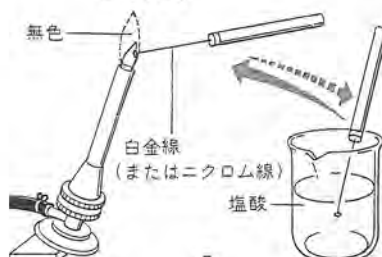
② 炎色反応による光を、分光器で観察する

① いろいろな元素を含んだ化合物の水溶液を作る

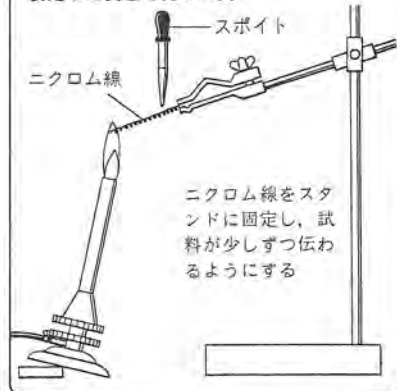


② 炎色反応を直視分光器で観察する

反応棒を塩酸で洗って炎の中に入れる。炎が無色になるまで、この操作を繰り返す



安定した炎色を見る工夫



【B】分光器による光の分散

① ① 光源の種類には、およそ次のようなものがある。

- 蛍光灯
- 白熱電球 (可変変圧器を用いると、赤色光から青白色光まで変化させることができる)
- 自動車用電球 (タングステンフィラメントの見える電球)
- 水銀ランプ (体育館、屋外灯、街路灯などに使われている)
- ナトリウムランプ (交差点、トンネル灯などに使われている)
- 赤外線・紫外線 (97) を参照)

水銀ランプ、ナトリウムランプ、カドミウムランプなどを実験室で観察するためには、線スペクトル光源装置を用いると便利である。

② ② 留意点 直視分光器で観察したスペクトルを、図鑑や資料集などのスペクトル図と比較し、それぞれのスペクトルの特徴を調べてみるとよい。

【A】と同様の方法で、それぞれの光源の光についても、スクリーン上にスペクトルを作ってみるとよい。

実験室内に十分な光源が得られないときには、実験室外の光源のスペクトルを、直視分光器で調べてみるとよい。

【参考】直視分光器がない場合、簡易分光器を使用することも考えられる。ただし、直視分光器におけるスペクトルはプリズムによるものだが、簡易分光器におけるスペクトルはプリズムではなく回折格子によるものである。

② ① 留意点 試料となる水溶液は、純水2cm³に各元素を含んだ化合物0.5g程度を溶かした程度のものでよい。

② ② 留意点 白金線(またはニクロム線)の先に輪を作り、なるべく長い間、強い光が出るようにする。

反応棒は、各試料の炎色を調べるごとに洗う。たくさん用意しておいてもよい。試料を多くつけ過ぎると、試料が飛び散り、バーナーの炎がいつも着色しているようになることがある。したがって、バーナーは少し傾けるようにするとよい。

【参考】炎色反応を長く続けさせるには、囲み図のような方法のほか、アルコールランプのしんに試料をつけて点火する方法が考えられる。この場合、事前にしんに点火し、炎色反応がないことを確かめてから、スポイトで試料をつけるようにする。

【解説】CaとSt、NaとKのように、肉眼では見分けにくい色も、スペクトルでは、その差がよくわかる。



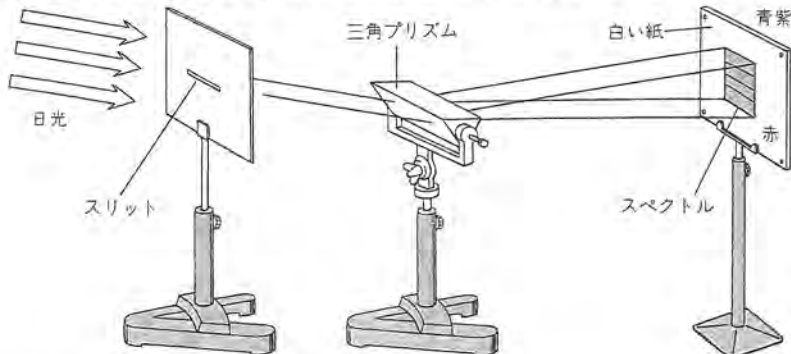
可視光線以外にも、紫外線や赤外線が存在することが確かめられる。

紫外線を物質に当てると蛍光を発し、赤外線を物質に当てると熱となって温かくなることが確かめられる。

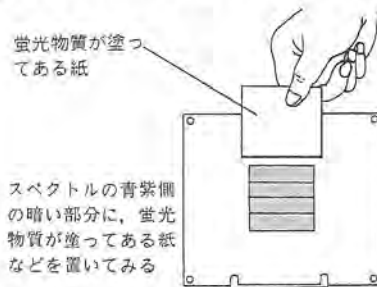
①つittedに白紙をはったもの。②多色刷りの印刷物、蛍光物質の標本、赤インキ、蛍光剤入り洗剤、暗室時計など。③水晶、天然宝石、放射性物質を含む鉱物（サマルスキー石、人形石、リン灰ウラン石など。入手方法は173を参照）など。

①日光における紫外線と赤外線を調べる

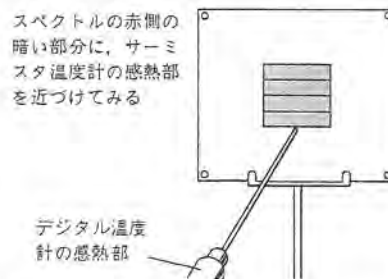
①三角プリズムに日光を当て、スクリーンにスペクトルを映す



②スペクトルの紫外線部分を調べる

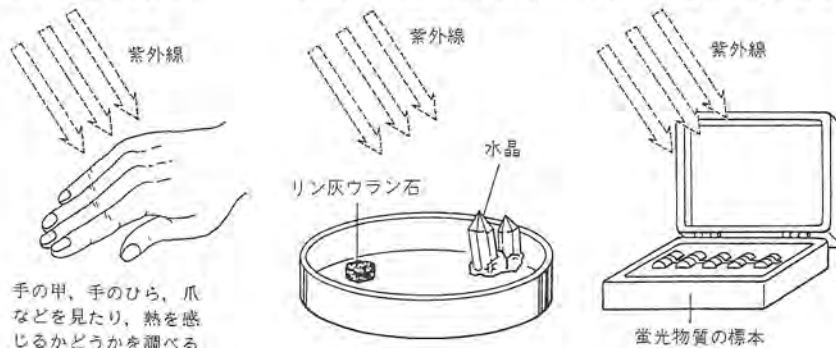


③スペクトルの赤外線部分を調べる



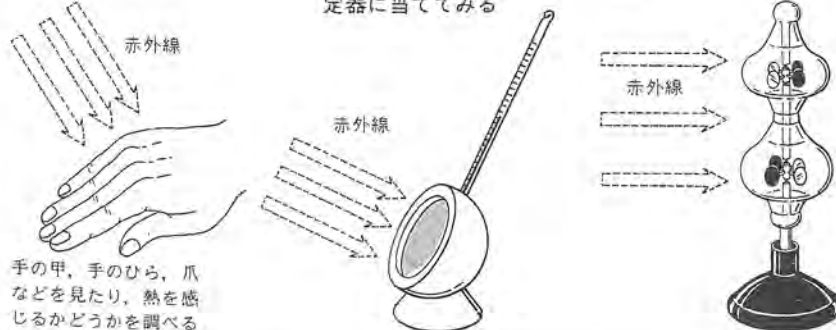
②紫外線用光源を用いて、紫外線を照射したときの様子を調べる

①手に当ててみる ②鉱物などに当ててみる ③蛍光物質に当ててみる



③赤外線用光源を用いて、赤外線を照射したときの様子を調べる

①手に当ててみる ②太陽放射のエネルギー測定器に当ててみる ③放射計に当ててみる



解説 ①の実験を通して、可視スペクトル以外の部分にも、スペクトルが存在することを確かめる。そして、それらの目に見えないスペクトルは、紫外線と赤外線によるものであることを十分理解した上で、②③の実験を行う。

①① **留意点** 日光を直接プリズムに当てにくいときには、平面鏡を使って光の進路を調整する。

②② **留意点** 蛍光物質を含んでいる紙としては、多色刷り印刷物の白い部分を用いよう。

解説 紫外線により、蛍光物質が発光する。

③③ **解説** 赤外線により、わずかではあるが温度が上昇する。

②① **留意点** 紫外線を遮ったときと当てたときとを比較してみるとよい。

②② **留意点** 水晶、ウラン鉱のほか、天然宝石や放射性物質を含むいろいろな鉱物などで試してみるとよい。

③③ **留意点** 蛍光物質の標本のほか、赤インキ、上質多色刷り印刷物、蛍光剤入りの洗剤、自転車などの反射ステッカー、暗室時計など、いろいろな蛍光物質で試してみるとよい。

③① **留意点** 赤外線を遮ったときと当てたときとを比較してみるとよい。

③③ **留意点** 窓用赤外線吸収フィルムなどで赤外線を遮ったときと、赤外線を当てたときとを比較してみるとよい。

留意点 ②と③における紫外線用光源や赤外線用光源は、実験用や医療用のものだと可視光線の部分が少ないが、一般的なものは紫や赤の可視光線の部分も多くなる。したがって、一般的な光源を用いるときには、実験結果が紫外線や赤外線によるものであることを認識しにくいので注意する必要がある。

注意 紫外線用光源や赤外線用光源は、直視しないようにする。また、長時間使用してはいけない。

参考 赤外線フィルムや、赤外線・紫外線を直接感受する半導体素子を用いて実験してみるのもおもしろい。

赤外線フィルムを用いる場合は、まず赤外線フィルムやふつうのフィルムを入れたカメラを数台用意する。次に、同じ条件で、同じ被写体を同時に撮影し、フィルムを現像して比較する。



ねらい ① ② ③

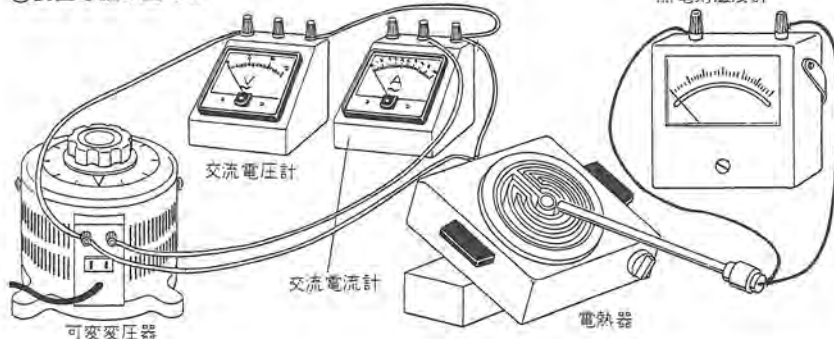
物体は高温になると光を出すようになり、その光の色は温度に関係していることが調べられる。

電熱器 ニクロム線 細い鉄線^① 細い銅線^② 透明電球 鉄板 可変変圧器 交流電流計 交流電圧計 熱電対温度計^③ 導線 ピンセット 板 くぎ 白い紙

①荷札用の鉄線がよい。②ビニル導線(撚線)に使われているものがよい。③なくても差し支えない。

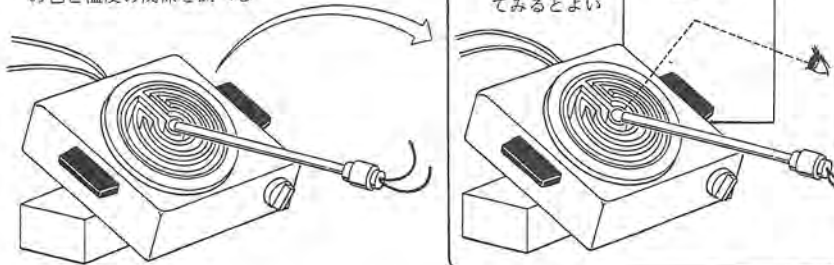
①電熱器に電流を流し、温度と色の関係を調べる

①装置を組み立てる



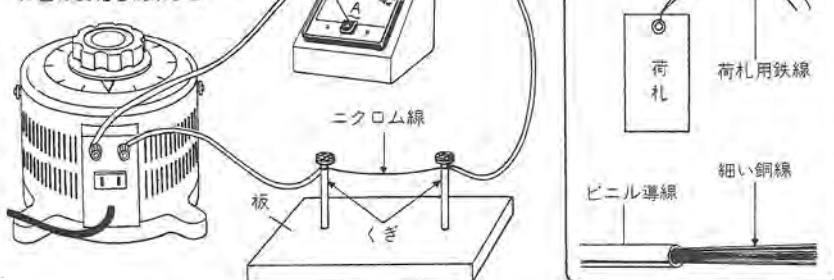
②電熱器に電流を流してみる

可変変圧器を操作して少しずつ電圧を上げていき、ニクロム線の色と温度の関係を調べる



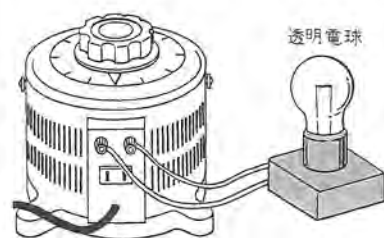
②いろいろな金属線に線が切れるまで電流を流し、色の変化を観察する

可変変圧器を操作して少しずつ電圧を上げていき、金属線の色の変化を観察する

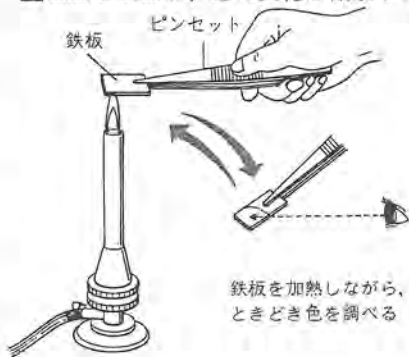


③電球に電流を流し、色の変化を観察する

可変変圧器を操作して少しずつ電圧を上げていき、フィラメントの色の変化を観察する



④鉄板を加熱し、色の変化を観察する



①留意点 光の色、温度、電力量(電圧×電流)は互いに関係しているが、これらを量的にとらえる必要はなく、傾向を考える程度にしたい。

②留意点 熱電対温度計は、ニクロム線の中に挿入する。量的にとらえる必要はないので、なくても差し支えない。

③留意点 ニクロム線の色だけでなく、白い紙を近づけて、反射光についても調べてみるとよい。

簡易分光器などで、ニクロム線から出る光のスペクトルも調べてみるとよい。

温度を上げていくときだけでなく、下げていくときについても、よく観察しておく。そして、それらの操作を何回か繰り返してみるとよい。

解説 ニクロム線の温度を上げていくと、色は、→暗赤色→明るい赤色→黄色、と変化していく。

④留意点 金属線が切れる寸前の色をよく観察しておく。

金属線の長さを変えて、何回か試してみるとよい。

解説 金属はそれぞれ、発熱・発光し、やがて切れる。色の変化や切断する時期は、金属線の長さに関係なく、電流値によって決まる。これは、空气中に逃げる熱を無視してジュール熱を考えれば容易に理解できる。

金属の種類により、切れるときの色が多少異なる。鉄線や銅線が切れるときの色と、鉄の融点約1500℃、銅の融点約1100℃ということから考えると、1100～1500℃付近の光と色と温度の関係が推定できる。

③留意点 漁業用透明電球、自動車のヘッドライト用電球など、いろいろな電球で試してみるとよい。

④参考 豆電球に電源装置を接続し、電圧を調節しながら、加熱した鉄板と同じ色になるようにしてみるとよい。これが光高温計で温度を測定するときの原理である。つまり、豆電球のフィラメントの色と、温度を測定するものの色が同じになるようにし、このとき、豆電球を流れている電流値を温度に変換するのである。

参考 色の感じ方は人により違い、室内の明るさなどにも左右されるが、色と温度の関係は、およそ次のとおりである。

暗赤色	赤色	暗橙色	橙色	黄色
600℃	700℃	800℃	900℃	1000℃



ねらい 図 どのような色の光が反射されるか、または吸収されるか、によって物の色が決まることを理解できる。

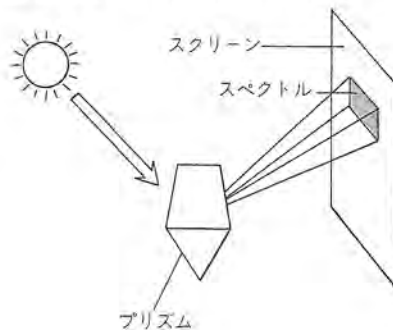
直視分光器 プリズム スクリーン^① 線スペクトル光源装置 ナトリウムランプ^② 分光器^③ 厚紙 色紙^④ ゼラチンペーパー(赤・黄)^⑤

①白い壁があれば、使わなくてもよい。②直視分光器でもよい。③できるだけいろいろな色のもの。金色、銀色もあるほうがよい。④演劇などの舞台照明用に使用するものなので、演劇部にも頼めば入手できるであろう。なければセロハンでもよい。

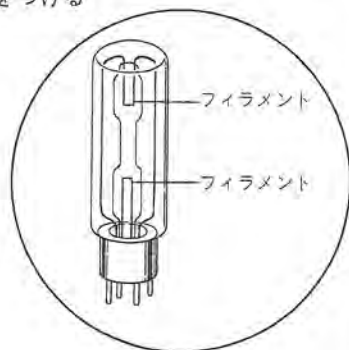
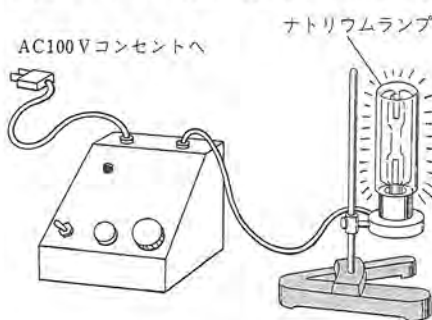
①直視分光器で太陽の白色光を見る



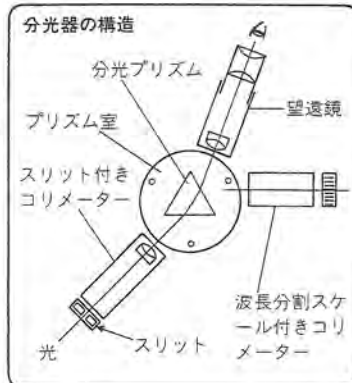
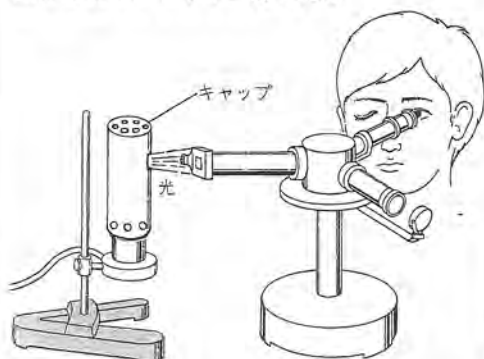
②白色光をプリズムに当ててみる



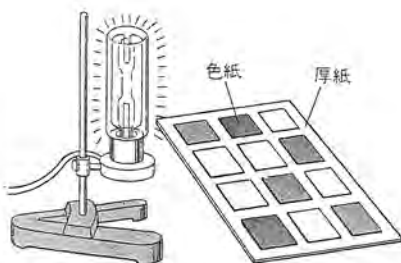
③線スペクトル光源装置でナトリウムランプをつける



④分光器でナトリウム光を見る

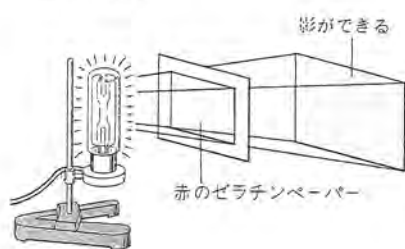


⑤ナトリウム光で色紙を見る



厚紙にいろいろな色の色紙をはって置く

⑥ゼラチンペーパーにナトリウム光を当ててみる



黄色のゼラチンペーパーでも同様にする

①解説 虹色のスペクトルを見ることができ。したがって、白色光は、色のない光ではなく、いろいろな色の光からなっているものであることがわかる。

②解説 このように、プリズムに太陽の光を直接当てても、スペクトルは得られる。これによって、光の屈折率は、その色によって異なることもわかる。教師は、虹がどうしてできるかを、ここで説明してやるとよい。

③留意点 当然のことながら、以下の実験(③～⑤)は、白色光の下ではできない。暗室内で行わなければならない。

解説 ナトリウムランプは、初めのうちは紫の混じった光を発するが、ランプが温まると黄色の光を発する。

黄色の光を発するようになったら、他の人の顔や服を見てみる。顔色や服の色が変わっていることに気づくであろう。また、教師は、ナトリウムランプがトンネル内で使われていることなどを説明してやるとよい。

④留意点 分光器の代わりに直視分光器を用いてもよい。

解説 この場合、白色光とは異なり、黄色のスペクトルだけしか見えない。したがって、ナトリウムランプの発する光は、黄色の単色光であることがわかる。

⑤留意点 厚紙にはった色紙の色を記録した後、太陽の光の下で、再び見てみる。

解説 あまり色が違うので、驚くであろう。ナトリウム光で見ると、黒は黒に見えるが、黄色と白は両方とも黄色に見えてしまう。黒はすべての色を吸収し、白はすべての色を、黄色は黄色だけを反射するからである。また、他の色は全く違った色に見える。たとえば、赤色は赤色だけを、緑色は緑色だけを反射し、他の色すべてを吸収するからである。なお、銀色(金属)は、当てたすべての光を反射する。

⑥解説 赤のゼラチンペーパーの場合、ナトリウムランプの光は通らず、影ができる。黄色の場合は通る。赤は赤色の光だけを、黄色は黄色の光だけを通し、他の色はすべて吸収してしまうからである。

留意点 普通の電球を用いて同じ実験をして、比較してみるとなおよい。

参考 ナトリウム光の波長は550nmである。



ねらい ①

凸レンズの軸に平行な光は、凸レンズを通った後、1点に集まることが調べられる。

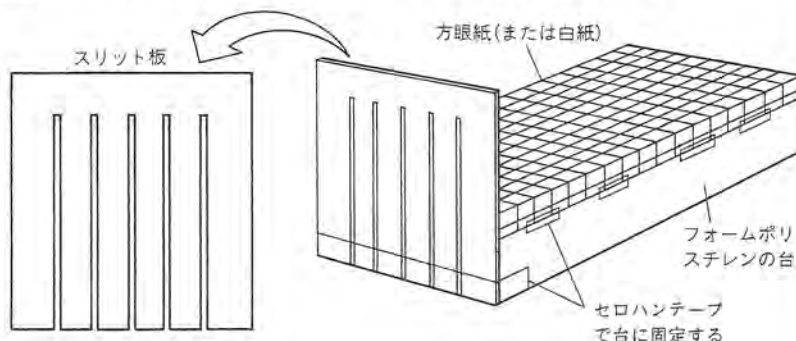
凸レンズの焦点距離を測定することができる。

厚紙 フォームポリスチレン^① 方眼紙^② セロハンテープ はさみ カッターナイフ 定規 凸レンズ 木の台

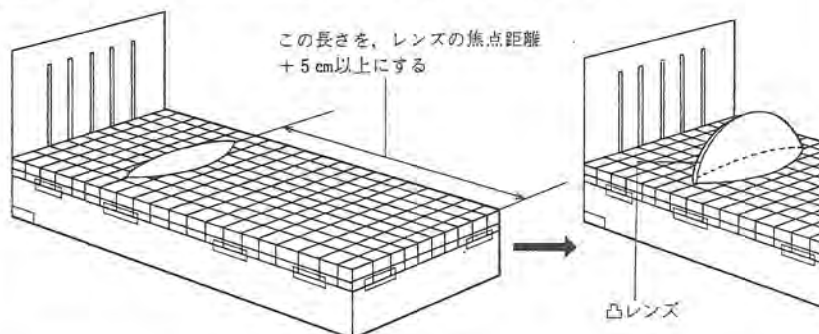
①表面が平らで、厚みが凸レンズの半径より厚いもの。②なければ白紙でもよい。

*【別法】では、以上のほか、スタンド、黒と白の紙、画用紙、事務用パンチ、色セロハン紙(赤、青、緑、黄の4色)が必要である。

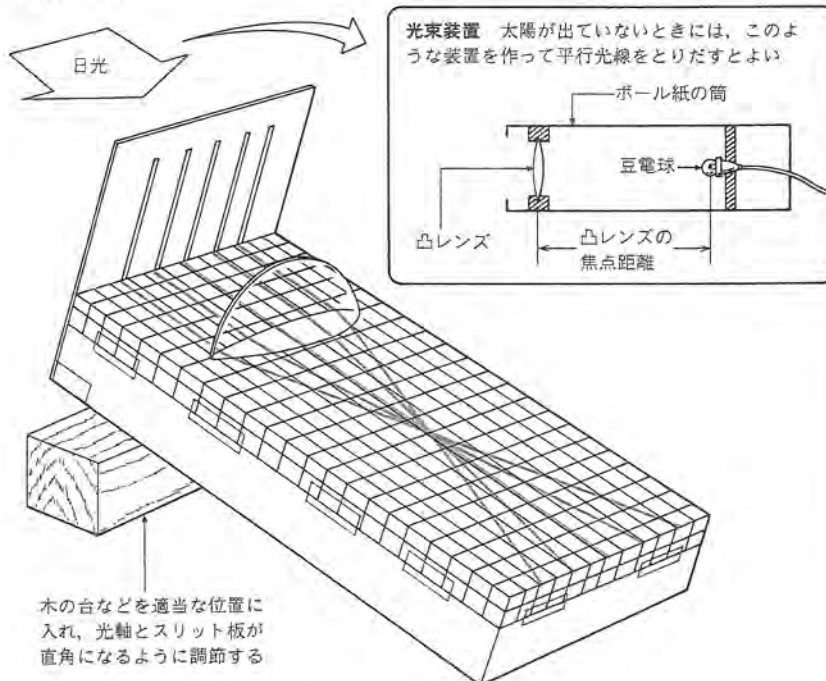
①厚紙でスリットを作り、フォームポリスチレンの台にとりつける



②台に凸レンズが半分入る穴をあけ、レンズをとるつける



③日光を当てて光の道筋を記録し、レンズの中心から光が集まった所までの距離を読みとる



①【留意点】スリットは、間隔8mm、幅1mm程度のものを基準とし、レンズの大きさにより、幅や本数などを適当に変える。カッターナイフできれいに切りとる。

②【留意点】レンズは、スリット板と平行になるようにとりつける。穴は、必ずしもレンズの形どおりにあける必要はない。レンズの半分程度をしっかりと固定できるものであればよい。

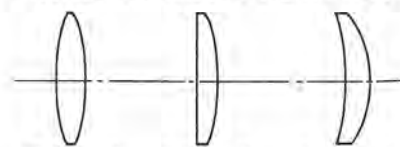
③【留意点】中央のスリットを通り抜けた光がレンズの中心を通るようにする。スリット板の後方を暗くすると、光の道筋が観察しやすくなる。

光の道筋を記録するには、光線の両端に印をつけてからレンズをとりはずし、定規を使って両端の印と印を結ばばよい。レンズの中心から光が集まった所までの距離は、方眼紙から直接読みとつてもよいし、ものさしではかつてよい。

【注意】凸レンズに日光を当てるとき、物を焦がしたり目を傷めたりすることがあるので、十分注意する。

【解説】レンズを通った光は、屈折して光軸上の1点に集まる。この点を焦点といい、レンズの中心から焦点までの距離を焦点距離という。

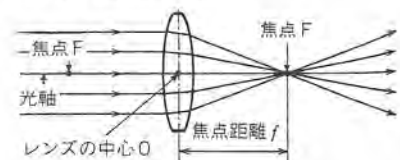
【参考】凸レンズ レンズにおいて、周辺部より中心部のほうが厚いものを凸レンズという。凸レンズには次の3種類がある。



両凸レンズ 平凸レンズ 凹凸レンズ

レンズの厚さは、レンズの直径との関係で考えるため、中心部の厚さが同じでも、直径が異なる場合は、同じ厚さのレンズとはいえない。

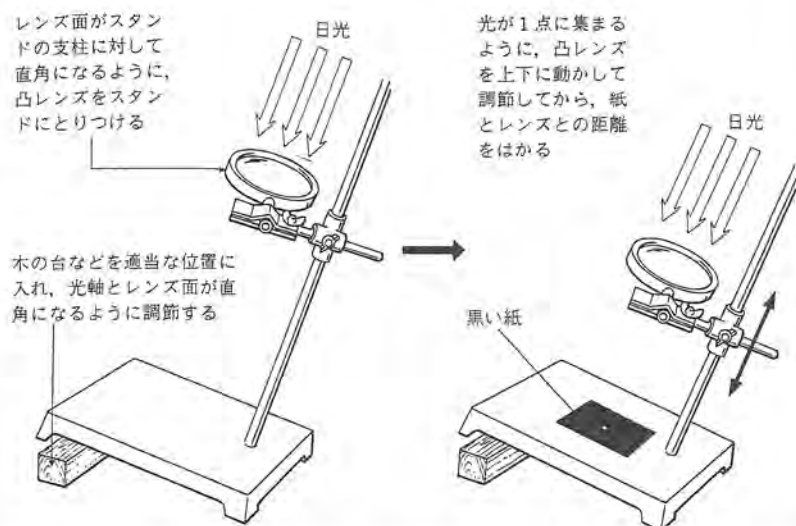
【焦点・焦点距離】光線はレンズの内側(厚いほう)に屈折する。



レンズの厚さの違いで屈折の違いが起こる。焦点距離は厚いレンズほど短く、薄いレンズほど長い。焦点はレンズの両側にあり、それぞれの焦点距離は相等しい。

【別法】スタンドを用いて測定する方法

①日光を集めて黒い紙を焦がし、そのときの紙とレンズとの距離をはかる



【別法】スタンドを用いて測定する方法

解説 前ページの方法だと、スリット板やフォームポリスチレンの台などを自作する必要があるのですが、ここでは、もっと簡単な方法を示しておく。

もっとも簡単なのが①の方法であるが、②のように、これをちょっと工夫するだけで、凸レンズのいろいろな部分での光の進み方を同時に比べることもできる。ただし、これらの方法は、レンズの各点を通る光を、光の道筋としてとらえることができないという難点がある。

① 留意点 スタンドの台の下に木の台などを入れるときには、スタンドの支柱の影がなくなるようにすればよい。紙とレンズとの距離は、ものさしではかればよい。2～3回はかって、平均値を求めるようにする。

解説 黒い紙が焦げだす直前の、紙からレンズの中心までの距離が焦点距離である。

参考 焦点距離を測定後、左の囲み図のようなマスクをレンズに載せて、もう一度調べてみるとよい。凸レンズの一部を覆っても、光の集まる位置が変わらないことが確認できる。

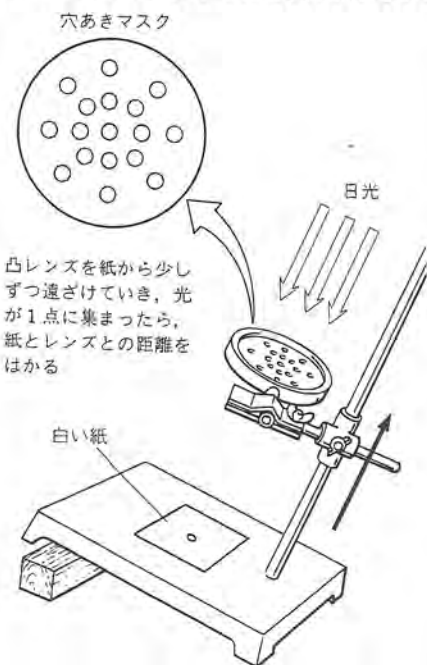
凸レンズの一部を覆うためのマスクの作り方

①画用紙を4つ折りにして図のように切りとり、レンズの内側にはめる

②画用紙で、半開と全開を自由に調節できるマスクを作り、レンズの内側にはめる

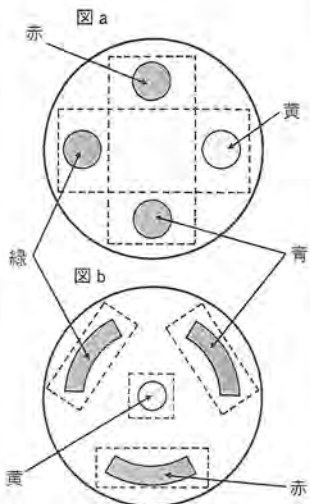


②凸レンズにマスクをつけて光を集め、そのときの紙とレンズとの距離をはかる



色つきマスク

カッターナイフで下図aかbのように穴を切り抜き、色セロハン紙をはりつける



② 留意点 穴あきマスクの穴をあけるときには、事務用パンチを用いればよい。

穴あきマスクで実験するときには、凸レンズを穴から遠ざけるにつれ、穴を通った光の間隔が、しだいに狭まっていく様子をよく観察しておく。同様に、色つきマスクで実験するときには、白紙上の各色の光が、しだいに集まっていく様子をよく観察しておく。

いずれの場合でも、レンズの下方を少し暗くすると、穴を通った光線がわかりやすいので、より効果的である。

解説 凸レンズの周辺部を通る光は、1点に集まるように進み、中心を通る光はそのまま直進する。そして、これらの光が1点に集まったときの、紙からレンズの中心までの距離が焦点距離である。



わらい 田

凹レンズの軸に平行な光は、凹レンズを通った後、広がっていくことが調べられる。

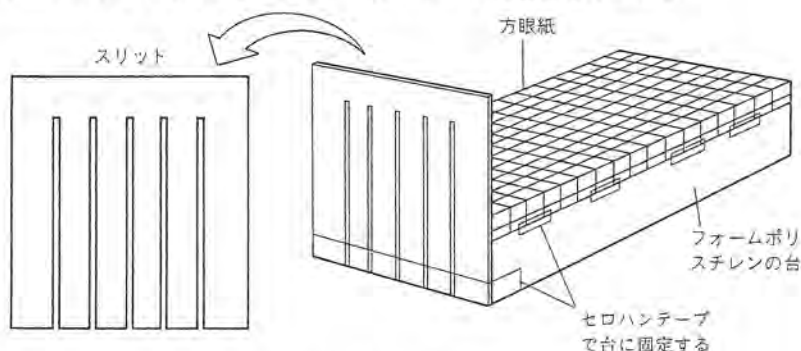
凹レンズの焦点距離を測定することができる。

厚紙 フォームポリスチレン^① 方眼紙^② セロハンテープ はさみ カッターナイフ 定規 凹レンズ 木の台 フェルトペン

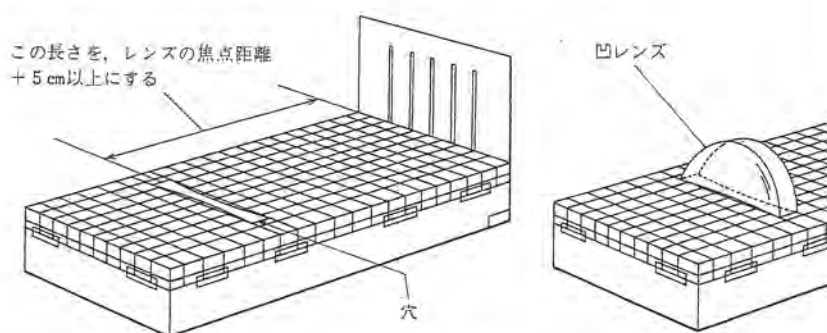
①表面が平らで、厚みが凹レンズの半径より厚いもの。②なければ白紙でもよい。

*【別法】では、以上のほか、画用紙、画びょう、針（虫ピンなど）が必要である。

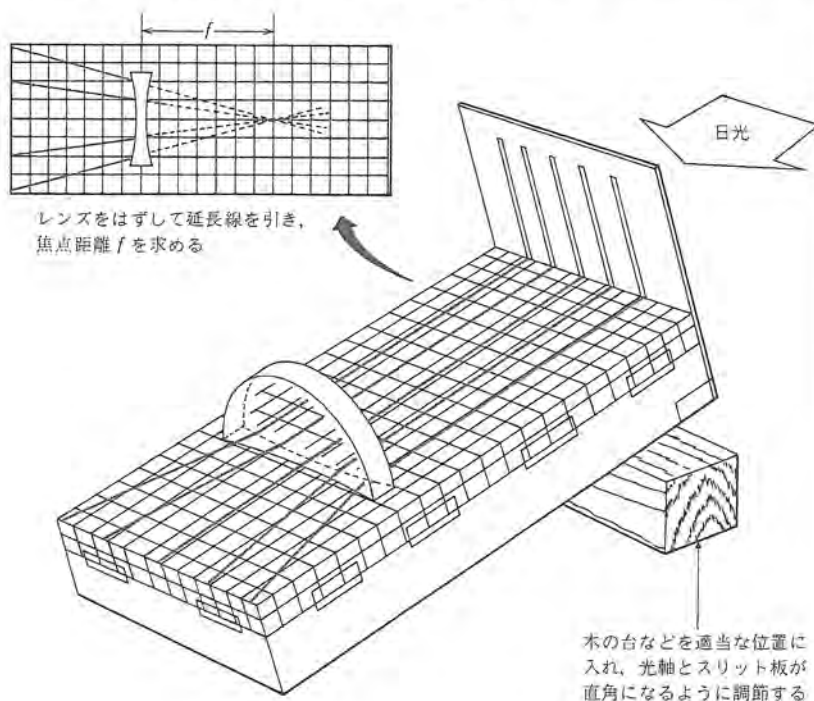
①厚紙でスリットを作り、フォームポリスチレンの台にとりつける



②台に凹レンズが半分入る穴をあけ、レンズをとるつける



③日光を当てて光の道筋を記録後、レンズを通過した光の道筋を逆方向に延長し、その交点からレンズの中心までの距離を読みとる



①②留意点 100 の①②を参照。

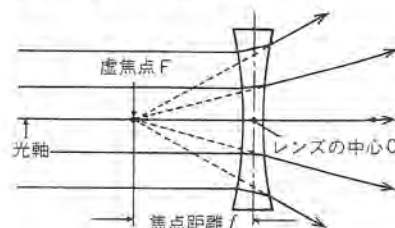
③留意点 100 の③を参照。

解説 レンズを通った光は屈折し、広がっていく。屈折して広がった光を逆方向に延長すると、それぞれの直線は、光軸上の1点で交わる。この点から、レンズの中心までの距離が焦点距離である。

参考凹レンズ レンズにおいて、周辺部より中心部のほうが薄いものを凹レンズという。凹レンズには次の3種類がある。



虚焦点・焦点距離 光線はレンズの外側（厚いほう）に屈折する。

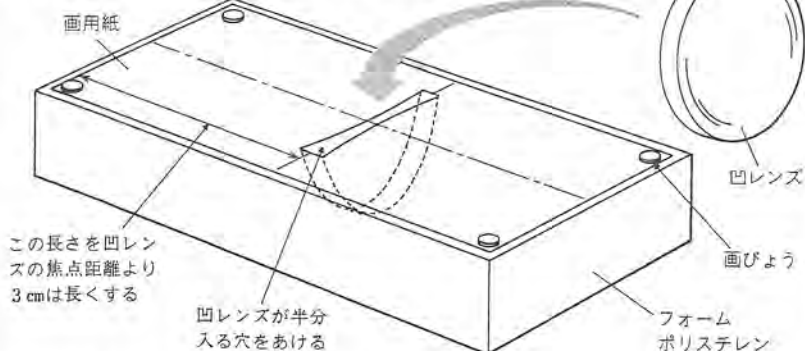


屈折は、レンズの周辺部に近づくほど大きくなり、中心部に近づくほど小さくなる。したがって、レンズを通り抜けた光は広がる。

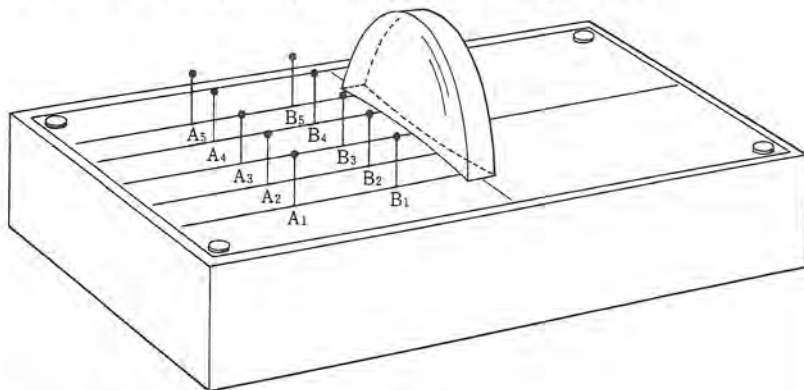
レンズを通り抜けた光は、入射光線側の1点から出ているかのように進むが、この点を凹レンズの虚焦点という。左からの平行光線の虚焦点は左にあり、右からの平行光線の虚焦点は右にある。これらの虚焦点からレンズの中心までの距離が焦点距離であるが、ふつうの凹レンズでは左右両側の焦点距離は等しい。

【別法】針を使って測定する方法

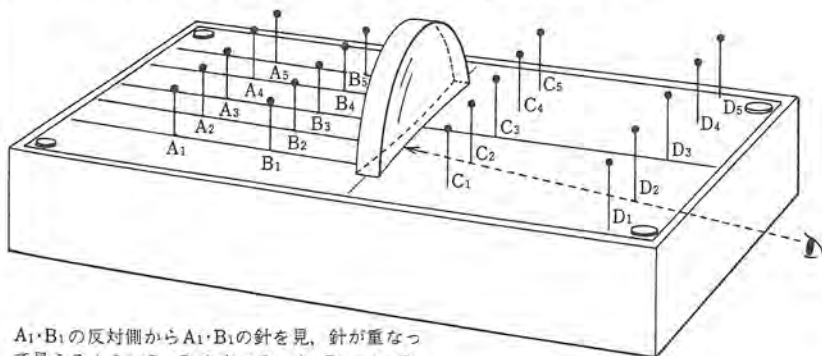
①フォームポリスチレンの台に、画用紙と凹レンズをとりつける



②針A₁・B₁～A₅・B₅を光軸に対して平行になるように台に立てる

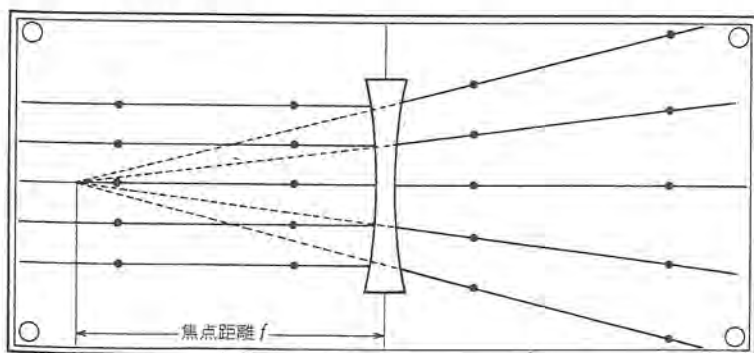


③針A₁・B₁～A₅・B₅と反対側に、針C₁・D₁～C₅・D₅を立てる



A₁・B₁の反対側からA₁・B₁の針を見、針が重なって見えるようにC₁・D₁を立てる。A₂・B₂～A₅・B₅に対しても同様の方法で、C₂・D₂～C₅・D₅を立てる

④C₁・D₁～C₅・D₅の針の跡を図のように線で結び、それらの交点からレンズまでの距離を求める



【別法】針を使って測定する方法

解説 これは、前ページのようにスリットを使わずに、凹レンズを通して直接物体（針）を見る方法である。この方法は、凹レンズにおける光の屈折の様子を、具体的な事象を通して理解できるという利点がある。しかし、像に重ねて針を立てるのが技術的に難しく、また時間もかかるので、多少練習を要する。

①留意点 フォームポリスチレンの台は、縦がレンズの直径より大きくて、横がレンズの焦点距離の2倍より5～6cm程度長いものがよい。

画用紙には、光軸とレンズの中心線を書いておく。レンズの位置は、中央よりやや入射光線と反対側寄りにする。レンズを入れる穴は、必ずしもレンズの形どおりにあける必要はない。レンズの半分程度をしっかりと固定できるものであればよい。

②留意点 針A₁・B₁～A₅・B₅を立てやすくするため、あらかじめ画用紙に、光軸に平行な線を書いておくことよい。

針はすべて、台に対して垂直に立てる。

③留意点 針の頭のほうを見るのではなく、根元のほうを見、根元の部分が重なって見えるようにするとよい。

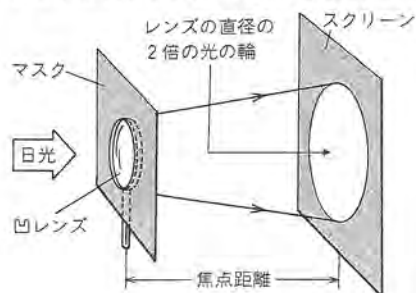
④留意点 C₁・D₁～C₅・D₅を線で結ぶときには、レンズや針をとり除く。台が軟らかいので、フェルトペンで線を引きつけたほうがよい。

解説 前ページ③の解説に同じ。

また、針の位置と目の位置を逆にして同様の実験を行い、2つの虚焦点からレンズまでの距離(焦点距離)が、それぞれ等しくなることを確かめてみるのもよい。

参考 凹レンズの焦点距離は、次のような簡単な方法でもはかることができる。

凹レンズに、レンズと同じ大きさの穴をあけたマスクをかけ、レンズを通過した日光をスクリーンに受ける。そして、スクリーンに受けた光の輪の直径が、レンズの直径の2倍になるように、レンズとスクリーンの距離を調節する。このときのスクリーンからレンズの中心までの距離が、このレンズの焦点距離である。

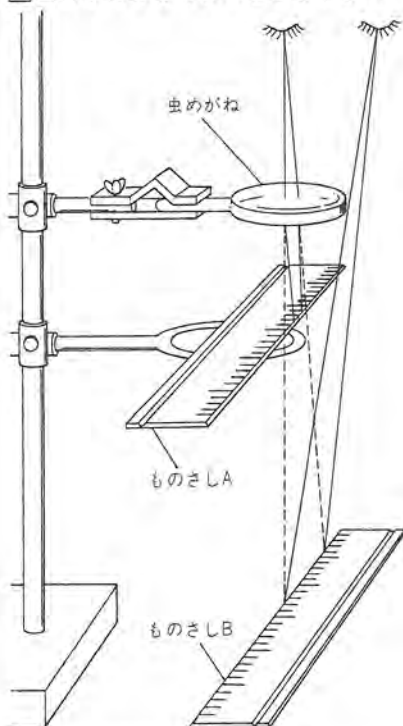




虫めがねの倍率を測定することができる。

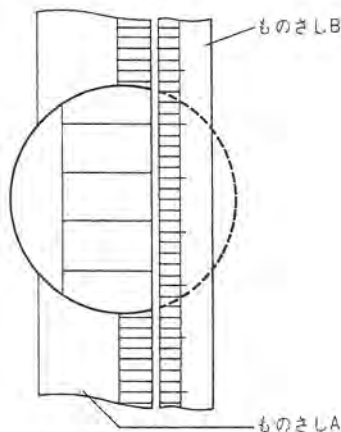
①ものさし1本と1mm方眼紙でもよい。

①虫めがねとものさしをセットする



虫めがねとものさしを図のようにセットしたら、一方の目で虫めがねを通してものさしAを見、他方の目でものさしBを見る。そしてものさしAの高さを調節して、像がもっとも大きく見える高さに固定する

②めもりを読みとる



虫めがねを通して見た、ものさしAの1めもりが、直接見たものさしBの何めもりに相当するかを読みとる

【参考実験】簡易レンズを作る

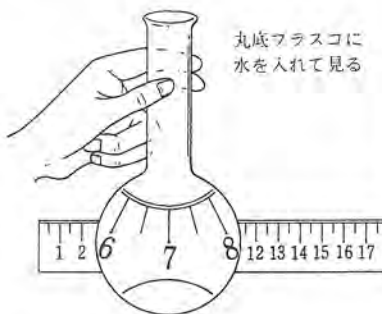
①水玉のレンズを作る



実験観察
大事典

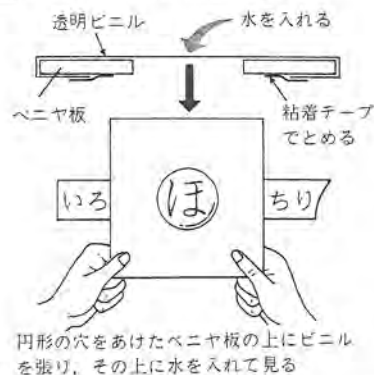
細字の上ろうを塗り、水滴を1滴落として見る

②フラスコと水のレンズを作る



丸底フラスコに水を入れて見る

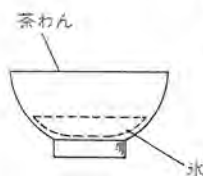
③ビニルと水のレンズを作る



円形の穴をあけたベニヤ板の上にビニルを張り、その上に水を入れて見る

④氷のレンズを作る

茶わんに水を入れて凍らせ、それを取り出して細字の上に載せて見る



①留意点 虫めがねは、明視距離(25cm)の高さに固定する。

ものさしAは、虫めがねの真下の、焦点距離内に置く。

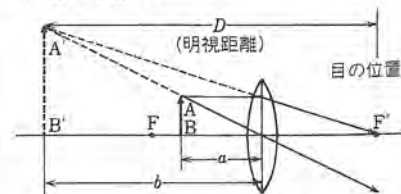
ものさしAとものさしBは、平行になるようにする。

両目でものさしを見る時には、両目を結ぶ線とものさしの方向とが直角になるようにする。そして、ものさしAの高さを調節するとき、ものさしAの像が、ものさしBの隣に来るようにし、重なったりしないようにしておく。ものさしBの代わりに1mmの方眼紙を用いると、ものさしの重なりなどを調整する必要があるないので便利である。また、ものさしAを透明なものにするのもよい方法である。

②解説 例えば左の図の場合、ものさしAの2めもりが、ものさしBの9めもりと一致している。したがって、 $9 \div 2 = 4.5$ となり、倍率は4.5倍ということである。

留意点 実験を2～3回行い、平均値を求めるようにする。

参考 虫めがねは、物体を焦点のわずかに内側に置いて見る。



D は目と像との距離、 a は物体と物体主面との距離、 b は像主面と像との距離である。 a 、 b は、光の進行方向によって正負が与えられるため、上図における a は正、 b は負($b > 0$ のときは実像、 $b < 0$ のときは虚像)である。

レンズの横倍率 $A'B'/AB$ を m ($m > 0$ のときは正立像、 $m < 0$ のときは倒立像)、焦点距離を f とすると、 $a \neq f$ であることから、

$$m = -\frac{b}{a} = -\frac{b-f}{f}$$

となる。上式は、目をレンズに接して使用するとき(f の長いレンズの場合)、 $b \approx -D$ であるから、次の(1)式ようになる。また、目をレンズの焦点に置いて使用するとき(f の短いレンズの場合)、 $-b + f = D$ であるから、(2)式ようになる。

$$m = \frac{D}{f} + 1 \cdots \cdots (1) \quad m = \frac{D}{f} \cdots \cdots (2)$$

ふつうは(2)式を使う。

103 凸レンズによってできる像を調べる

わらい 凸レンズと物体の距離を変えたときの、像と距離の関係を調べることができる。

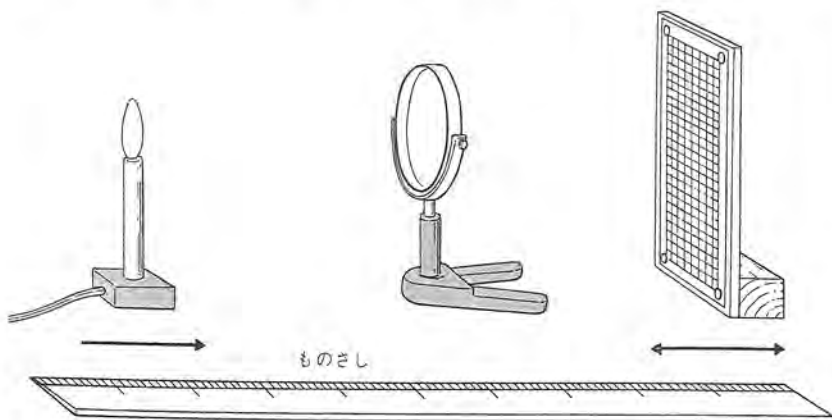
凸レンズ(台付き) ついたて 方眼紙 画びょう 光源^②

①25×35cmのベニヤ板と角材で自作する。②クリスマス用の電球がよい。

①物体(光源)、凸レンズ、ついたてを一直線上に並べる



②物体を凸レンズの焦点距離の2倍より遠い位置から少しずつレンズに近づけていき、ついたてにできる像の位置と大きさを調べる



- ①物体を凸レンズの焦点距離の2倍の位置より遠くに置き、ついたてに映る像の位置や大きさを調べる
- ②物体を凸レンズの焦点距離の2倍の位置に置き、ついたてに映る像の位置や大きさを調べる
- ③物体を凸レンズの焦点距離の2倍の位置と焦点の間に置き、ついたてに映る像の位置や大きさを調べる

- ④物体を凸レンズの焦点の位置に置き、ついたてに像を映すことができるかどうかを調べる。また、レンズを通して像が見えるかどうかを調べる
- ⑤物体を凸レンズの焦点の内側に置き、ついたてに像を映すことができるかどうかを調べると同時に、レンズを通して見える像を観察する

凸レンズによってできる像

物体(光源)の位置	像の位置	像の大きさ	像の種類
$2f$ より外側	$2f$ と f の間	実物より小さい	倒立・実像
$2f$	$2f$	実物と同じ	倒立・実像
$2f$ と f の間	$2f$ より外側	実物より大きい	倒立・実像
f	無限大	—	像はできない
f とレンズの間	光源と同じ側	実物より大きい	正立・虚像

f : 凸レンズの焦点距離

① **留意点** 凸レンズは、あらかじめ焦点距離を測定し、5回の測定による平均値を求めておく。測定法は100を参照。

物体(光源)の電球部分の高さを、あらかじめはかっておく。

② **留意点** ついたてに像を映すときには、まず凸レンズと物体との距離が所定の距離になるまで物体を移動させる。次に、像ができる位置の見当をつけ、その付近についたてを置く。そして、ついたてを少しずつ前後に動かして、像がはっきり映る位置に、ついたてを固定する。

①、②、③では、方眼紙を目安として像の大小関係だけを読みとればよい。

解説 ①で、物体を焦点距離の2倍の位置まで少しずつ近づけると、像(実像)はしだいに大きくなり、像の位置は、レンズの反対側の焦点からしだいに遠ざかっていく。像は物体よりも小さい。

②では、物体と同じ大きさの像(実像)がレンズの焦点距離の2倍の位置にできる。

③では、物体より大きい像(実像)ができる。位置は、②よりもさらに遠ざかる。

④では、ついたてに像ができない。また、レンズを通して像を見ることもできない。

⑤では、ついたてには像ができないが、レンズを通して正立の像(虚像)を見ることができる。物体がレンズに近いほど像は小さくなる。

凸レンズによってできる像を表にまとめたものを、左下に示しておく。

参考 実像と虚像 ついたてに映った像は、凸レンズを通った光が実際に集まってできたもので、これを実像という。実像はすべて倒立である。

これに対して、レンズを通して見たときの像を虚像という。虚像は、実際に光が集まってできたものではない。虚像はすべて正立である。

像の明るさ 凸レンズによってできる像を調べるとき、厚紙でレンズの半分を覆ってみると、像は途切れることはないが暗くなる。

光源(物体)が同じ場合、レンズの直径が大きいほど像は明るくなる。また、像の大きさを同じにしたとき、焦点距離の短いレンズほど像が明るくなる。



ねらい 田

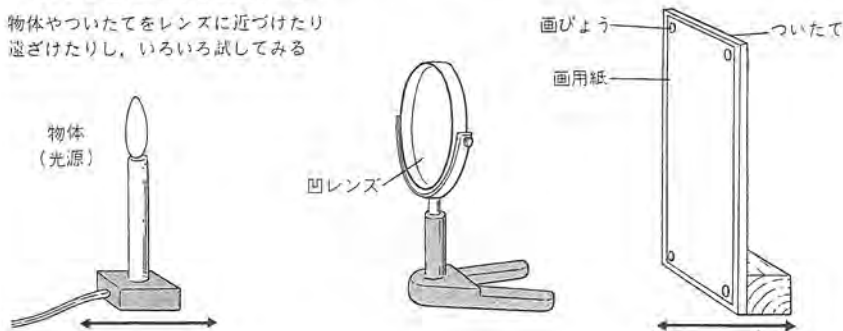
凹レンズを通して見た物体は、実物より小さいことが調べられる。

凹レンズ(台付き) ついたて^① 画用紙 画びょう 光源^②

①25×35cmのベニヤ板と角材で自作する。②クリスマス用の電球がよい。

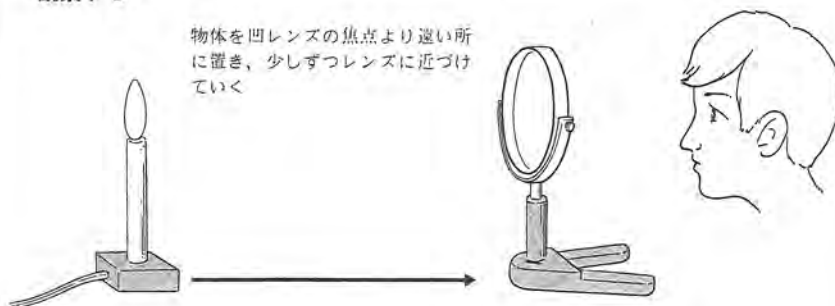
①物体(光源)、凹レンズ、ついたてを一直線上に並べ、ついたてに像を映すことができるかどうかを調べる

物体やついたてをレンズに近づけたり遠ざけたりし、いろいろ試してみる

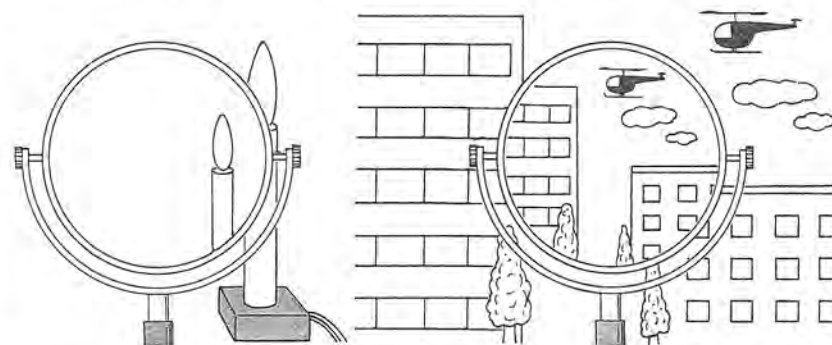


②物体(光源)を凹レンズに少しずつ近づけていき、凹レンズを通して見える像を観察する

物体を凹レンズの焦点より遠い所に置き、少しずつレンズに近づけていく



③凹レンズを通して、物体(光源)やまわりの景色などを見てみる

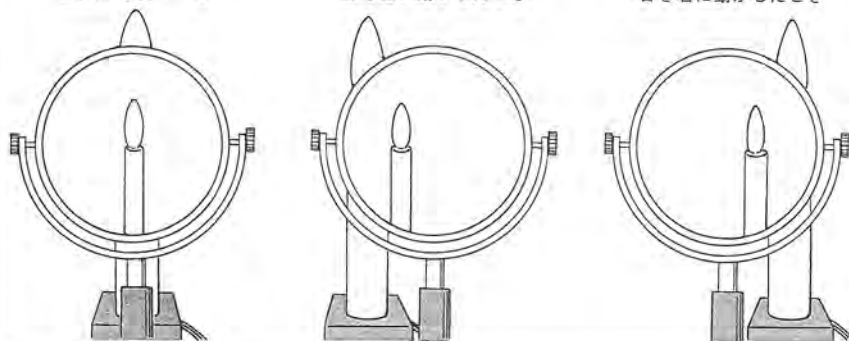


④凹レンズを通して物体(光源)を見、目を左右に動かしてみる

正面から見たとき

目を左に動かしたとき

目を右に動かしたとき



①解説 ついたてに像を映すことはできない。凹レンズにおける像は、必ず虚像になるからである。

②留意点 凹レンズの焦点距離は、あらかじめ測定しておく。測定法は101を参照。物体の位置をレンズの焦点、焦点内と近づけたとき、それらの位置において像に変化があるかどうかをよく観察する。

解説 凹レンズを通して物体を見ると、物体の遠近(焦点の内外)にかかわらず、常に実物より小さい正立像(虚像)が見られる。

③留意点 身近なもの、遠方の景色など、いろいろなものを見てみるとよい。

解説 ②に同じ。

④留意点 像と物体が重なって見える真正面の位置から目を左右に動かしたとき、像と物体の動きをよく観察する。

解説 像(虚像)は、レンズの背後にあり、実物よりはレンズに近寄った所に行ける。実物がレンズに近づくにつれ、像は大きくなる。しかし、実物よりは大きくはならない。

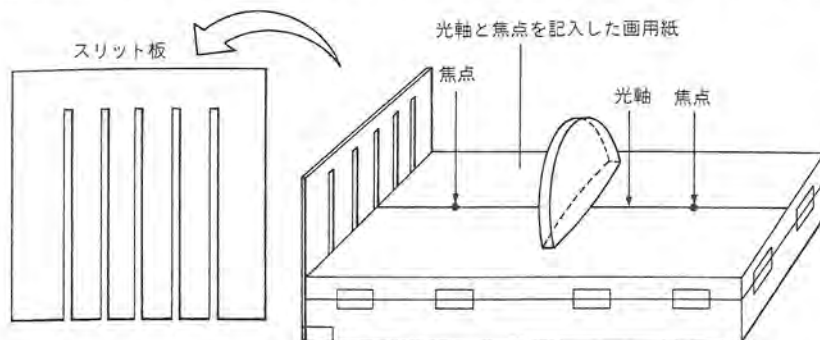


いろいろな角度から凸レンズに光を当て、凸レンズを通過した光がどのように進むかを調べることができる。

厚紙 フォームポリスチレン^① 画用紙 セロハンテープ はさみ カッターナイフ 定規 凸レンズ

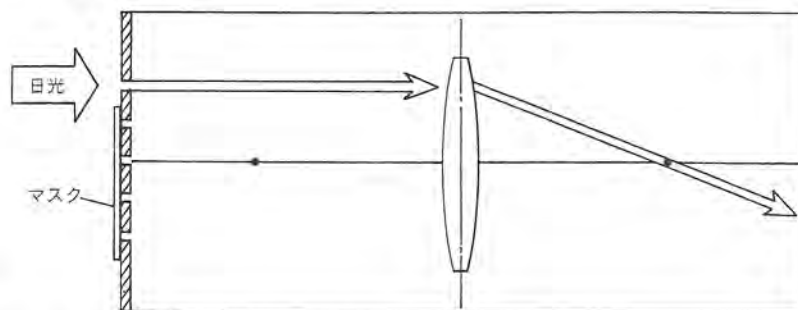
①表面が平らで、厚みが凸レンズの半径より厚いもの。

①厚紙のスリット板と凸レンズを、フォームポリスチレンの台にとりつける

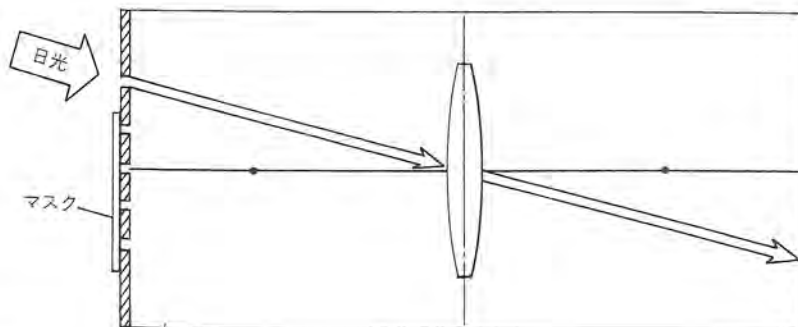


②スリットを通した日光をレンズに当て、光の道筋を観察する

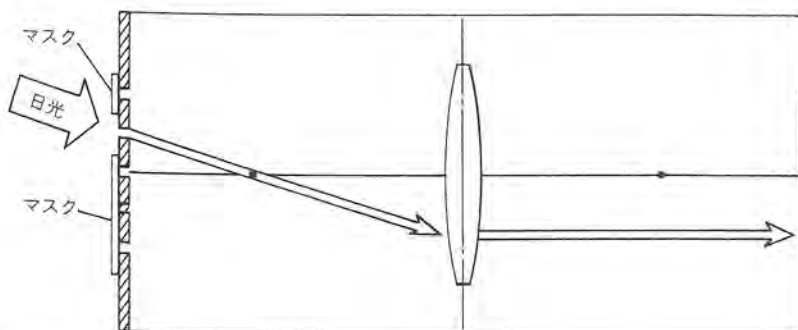
①光軸に平行な光を当ててみる



②レンズの中心を通る光を当ててみる



③スリット側の焦点を通る光を当ててみる



①留意点 ①②を参照。

②留意点 必要なスリットだけ使えばよい。

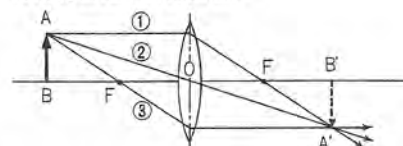
他のスリットは、マスクで覆う。

①では、あらかじめ白紙の上に、光軸に平行な線を引いておき、その線に沿って入射光線をレンズに当てるようにするとよい。

解説 ①では、光線はレンズ面で屈折し、屈折後は焦点を通過して進む。

②では、光線は屈折することなく、そのまま直進する。

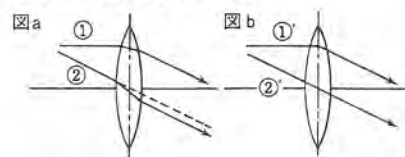
③では、光線はレンズ面で屈折し、屈折後は光軸に平行に進む。



参考 凸レンズの像の作図 ②の解説における特別光線①～③のうち、任意の2本を選んで作図すればよい。ここでは作図を省略するが、次にあげたような場合について作図すると、それぞれの場合における像の種類（正立・倒立、実像・虚像、実物より大きい小さいか）がわかる。

- 物体が焦点距離の2倍より遠いとき
- 物体が焦点距離の2倍の位置のとき
- 物体が焦点距離の2倍の位置と焦点の間のとき
- 物体が焦点とレンズの間のとき

屈折光線のかき方 レンズに入射した光線は、実際は図aのようにレンズの両面で屈折するが、作図上は図bのように処理しても差し支えない。



①を①'のようにレンズの中央で屈折するようにかくのは、薄いレンズの場合、レンズの主面が中央にあるからである。

②の場合、屈折光線は入射光線に対して平行移動するのだが、レンズが薄い場合はこの平行移動の量が小さいので、②'のように直線でかくのである。

これらのかき方は、レンズが薄く、光線と光軸との角度が小さいときのものなので、実物が大き過ぎたり、厚いレンズのときには注意が必要である。



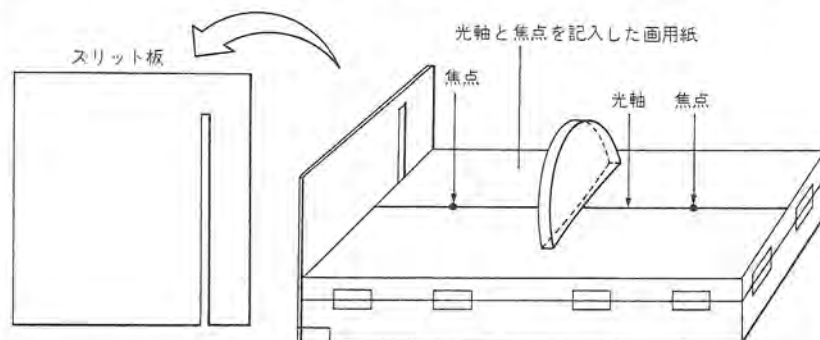
ねらい 田

いろいろな角度から凹レンズに光を当て、凹レンズを通過した光がどのように進むかを調べることができる。

厚紙 フォームポリスチレン^① 画用紙 セロハンテープ はさみ カッターナイフ 定規 凹レンズ

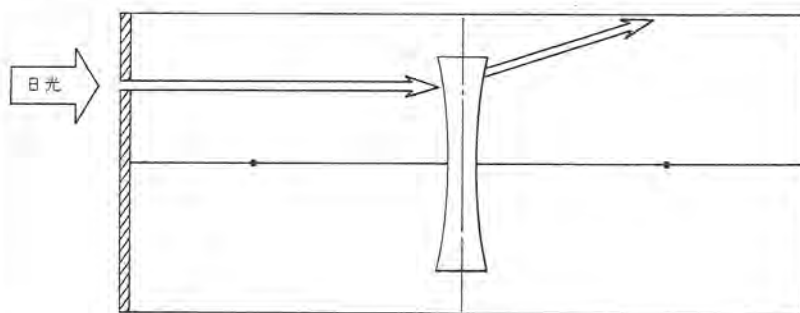
①表面が平らで、厚みが凹レンズの半径より厚いもの。

①厚紙のスリット板と凹レンズを、フォームポリスチレン台にとりつける

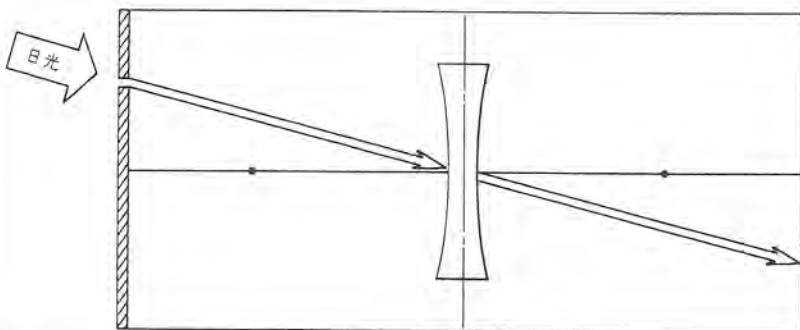


②スリットを通した日光をレンズに当て、光の道筋を観察する

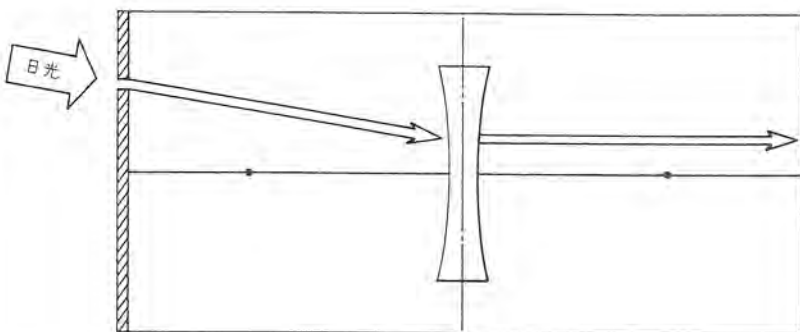
①光軸に平行な光を当ててみる



②レンズの中心を通る光を当ててみる



③スリットの反対側の焦点に向かう光を当ててみる



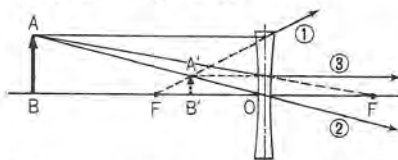
①留意点 ①②の①②を参照。

②留意点 ①や③では、スリットからレンズまでの光の道筋(①では光軸に平行な線、③ではスリットからレンズの反対側の焦点に向かう線)を、あらかじめ白紙上に引いておき、その線に沿って入射光線をレンズに当てるようにするとよい。

解説 ①では、光線はレンズ面で屈折し、屈折後は入射光側の焦点から出たかのように進む。

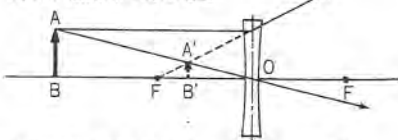
②では、光線は屈折することなく、そのまま直進する。

③では、光線はレンズ面で屈折し、屈折後は光軸に平行に進む。

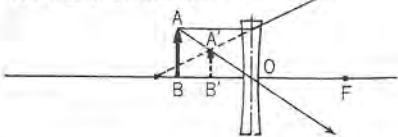


参考 凹レンズの像の作図 ②の解説における特別光線①～③のうち、任意の2本を選んで作図すればよい。

実物が焦点外にある場合



実物が焦点内にある場合



以上の作図から、凹レンズを通して見る像は、いつも実物より小さい正立・虚像であることがわかる。虚像は、凹レンズと焦点の間にできている。

107 凸面鏡の反射の様子と像のできる方を調べる



凸面鏡による反射光は広がるのが調べられる。
凸面鏡は、平面鏡に比べて視野が広く、像は実物より小さくなるのが調べられる。

凸面鏡(台付き) ついたて スタンド ものさし 平面鏡 画用紙 セロハンテープ 輪ゴム コンパス カッター

①30×30cmのベニヤ板が厚紙で自作する。

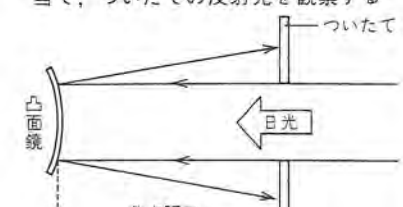
①凸面鏡による反射光の進み方を調べる

①凸面鏡とついたてを図のようにセットする



凸面鏡と同じ半径と2倍の半径の同心円をかき、内側の円の内部を切り抜く

②太陽光線をついたての穴から凸面鏡に当て、ついたての反射光を観察する

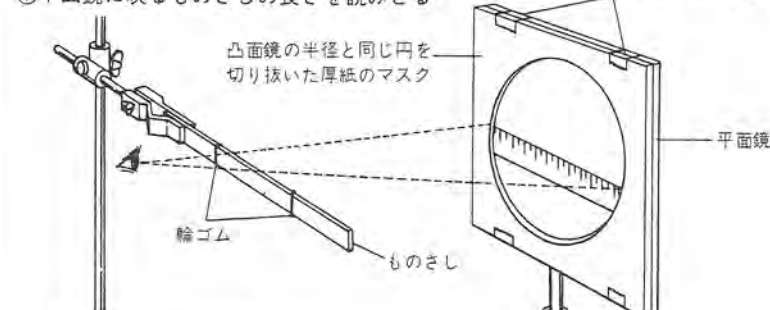


凸面鏡をついたてから少しずつ遠ざけていき、反射光が凸面鏡の半径の2倍の円まで広がったときの、凸面鏡とついたて間の距離をはかる

太陽光線がついたての穴に直角に入るように、また凸面鏡とついたてが平行になるように、凸面鏡とついたての角度を調整する

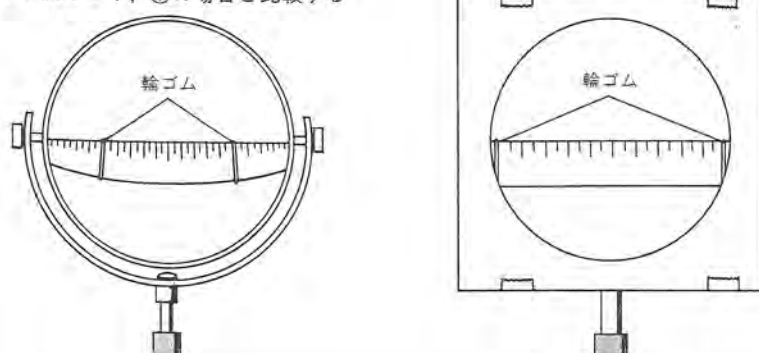
②凸面鏡によってできる像を調べる

①平面鏡に映るものさしの長さを読みとる



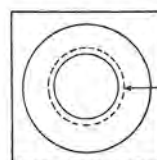
平面鏡いっぱいに入るものさしの長さを、輪ゴムを挟んで読みとる

②①と同様、凸面鏡に映るものさしの長さを読みとり、①の場合と比較する



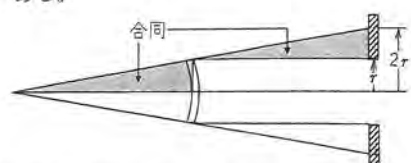
①留意点 実験は、周囲を暗くして行うと効果的である。

①で、ついたてと凸面鏡の角度を調整するときには、ついたての穴を通り抜けた反射光が、穴に対してきれいな同心円を描くようにすればよい。



反射光が、穴に対してこのようにきれいな同心円を描くようにすればよい

解説 反射光は広がり、光が光軸の1点(虚焦点)から出ているかのように反射する。そして、反射光が作るついたて上の円の半径が、穴の半径の2倍になったときの、凸面鏡とついたて間の距離が焦点距離である。



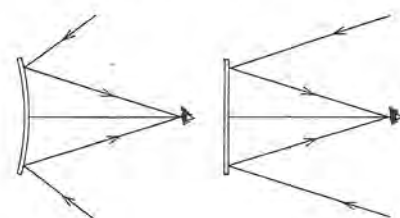
②留意点 実験の前に、マスクをつけた平面鏡と凸面鏡にいろいろな像を映し、それぞれの像を比べておくとよい。

②の凸面鏡は、①の平面鏡と同じ位置に置く。

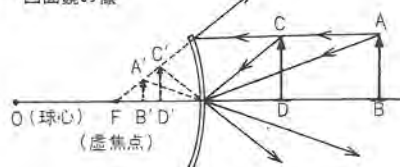
目の位置は、①と②で同じになるようにする。

解説 凸面鏡は、平面鏡に比べて視野が広い。また、像はいつも実物より小さく、凸面鏡の後ろに正立(虚像)して見える。

凸面鏡の視野 平面鏡の視野



凸面鏡の像





ねらい

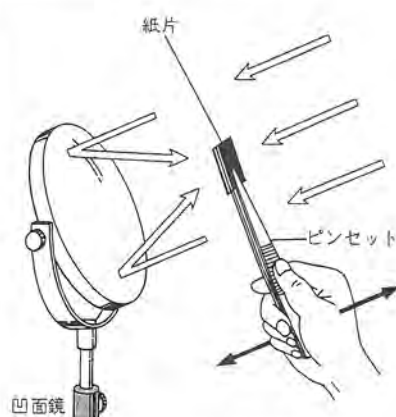
目

凹面鏡による反射光は1点に集まることが調べられる。

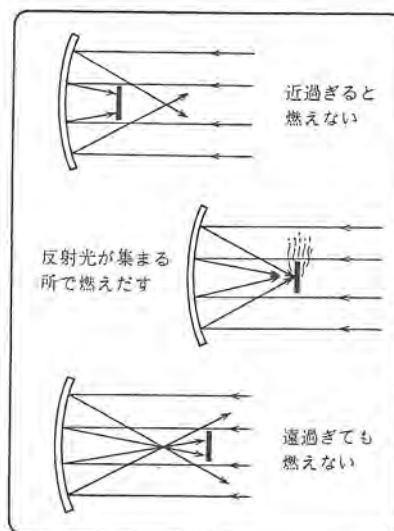
凹面鏡に物体を近づけていくと、像の大きさや位置が変化することが調べられる。

① 2×2 cm程度の黒いものがよい。② 25×35 cmのベニヤ板と角材で自作する。③ クリスマス用の電球がよい。

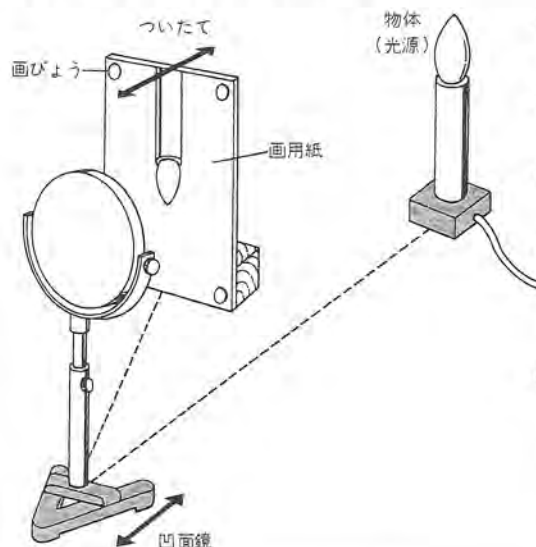
① 凹面鏡で紙片を燃やしてみる



反射光を紙片に当て、紙片を遠ざけたり近づけたりして燃えだす所を探し出す



② 凹面鏡によってできる像を調べる



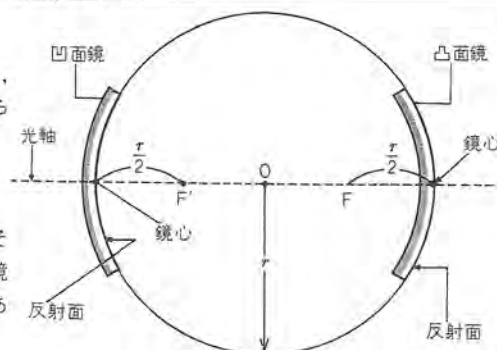
- ① 物体を凹面鏡の焦点距離の2倍の位置より遠くに置き、ついたてに映る像を観察する
- ② 物体を凹面鏡の焦点距離の2倍の位置に置き、ついたてに映る像を観察する
- ③ 物体を凹面鏡の焦点距離の2倍の位置と焦点の位置の間に置き、ついたてに映る像を観察する
- ④ 物体を凹面鏡の焦点の位置に置き、ついたてに像を映すことができるかどうかを調べる。また凹面鏡をのぞいて、像ができているかどうかを確認する
- ⑤ 物体を凹面鏡の焦点距離より近くに置き、ついたてに像を映すことができるかどうかを調べると同時に、凹面鏡に映る像を観察する

凹面鏡と凸面鏡の焦点

凹面鏡や凸面鏡の曲率半径を r 、焦点距離を f とすると、それらの間には次の関係がある。

$$f = \frac{r}{2}$$

なお、右図において、Oは、それぞれの鏡の球心、F'は凹面鏡の焦点、Fは凸面鏡の焦点である。



① **留意点** 紙片が黒いと焦げやすく、観察しやすい。紙片は、2×2 cm程度の大きさがよい。

注意 凹面鏡に日光を当てると、物を焦がしたり、目を傷めることがあるので、十分注意する。

解説 紙片上に明るい1つの点(球面収差のため、実際には点にならない)ができると、紙片は燃えだす。この点を焦点という。

② **留意点** ついたては、光源と凹面鏡を結ぶ直線上から少しずらして置く。

ついたてに像を映すときには、まず凹面鏡と物体との距離が所定の距離になるまで凹面鏡を移動させる。次に、像ができる位置の見当をつけ、その付近についたてを置く。そして、ついたてを少しずつ前後に動かして、像がはっきり映る位置に、ついたてを固定する。

解説 ①では、実物より小さい倒立の像(実像)ができる(図a参照)。

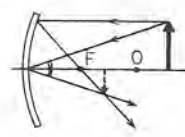
②では、実物と同じ大きさの倒立の像(実像)ができる(図b参照)。

③では、実物より大きい倒立の像(実像)ができる(図c参照)。

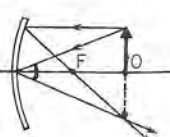
④では、ついたてに像ができない。凹面鏡にも像ができない(図d参照)。

⑤では、ついたてには像ができないが、凹面鏡には実物より大きい正立の像(虚像)ができる(図e参照)。

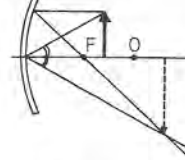
図a



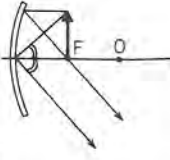
図b



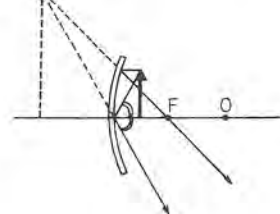
図c



図d



図e

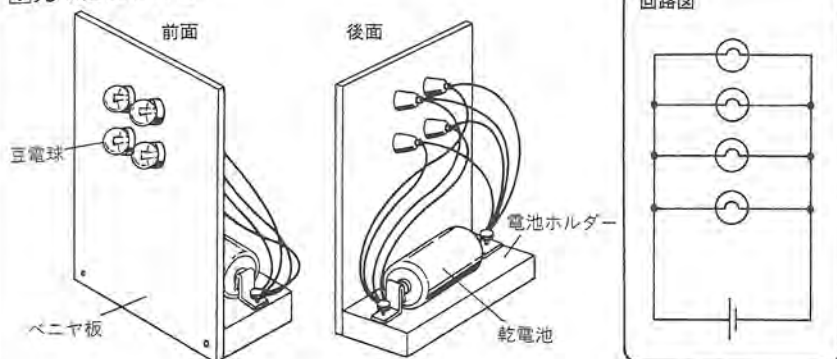


ねらい 田 光源からの距離と照度の関係を調べ、その関係を数式化することができる。

豆電球 (1.5V用ソケット付き) 4 乾電池 (1.5V)
電池ホルダー ベニヤ板^① ものさし 照度比較器
【別法】OHP スクリーン TPカラーシート シ
ートホルダー OHP用ペン セロハンテープ 巻
尺^② 照度比較器

①10×15cmのもの。硬い厚紙でもよい。②ものさしでもよい。

①光源装置を作る

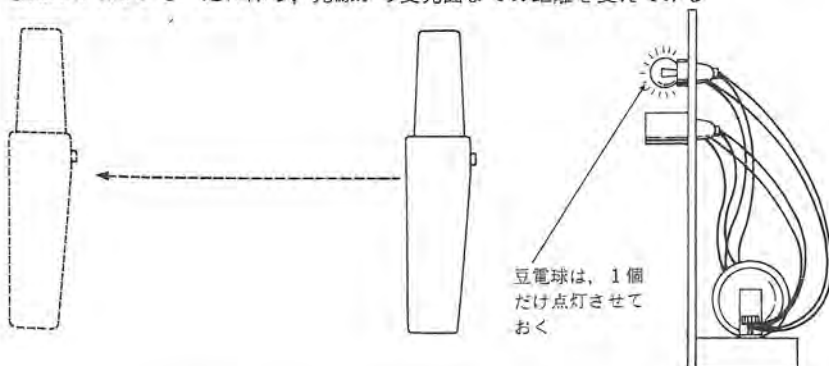


②照度比較器で、光源からの距離と照度の関係を調べる

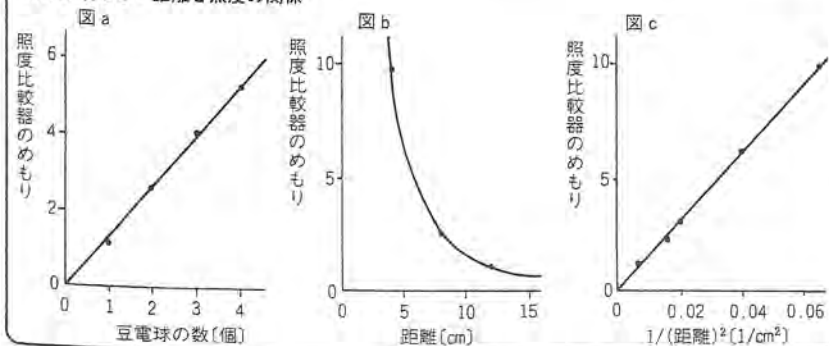
①光源から受光面までの距離を一定に保ち、光源の明るさを変えてみる



②光源の明るさを一定に保ち、光源から受光面までの距離を変えてみる



光源の明るさ・距離と照度の関係



①留意点 ベニヤ板 (または硬い厚紙) に豆電球用の穴をあけるときには、照度比較器の受光面積と高さを計算に入れておく。ベニヤ板は、電池ホルダーに直角にとりつける。

ベニヤ板の穴に豆電球用ソケットを固定してから、導線を電池ホルダーに接続する。すべて並列に接続する。

②留意点 教室は暗室にしたほうがよい。照度比較器は、受光面に光が直角に当たるようにする。

①留意点 光源装置の明るさを変えるときには、豆電球をその都度点灯させるのではなく、カバー (小さい容器のふたがよい) を用いて行ったほうがよい。豆電球を4個とも点灯しておき、それにカバーをかけておく。そして、そのカバーを1個ずつとり除いていくことで、点灯した豆電球の数を増やしていくのである。その都度点灯させると、電圧の変化により電球の明るさが変化しやすい。

結果 光源 (豆電球) の明るさ (豆電球の数) と照度は比例していることがわかる (図 a 参照)。

②結果 照度は光源からの距離の2乗に反比例していることがわかる (図 c 参照)。

解説 豆電球からの距離と照度の関係をグラフ化すると、図 b のようになる。豆電球からの距離が遠くなると、面の明るさ (照度) が減少している。この関係の規則性を調べるため、グラフについて検討すると次のようになる。

データ例

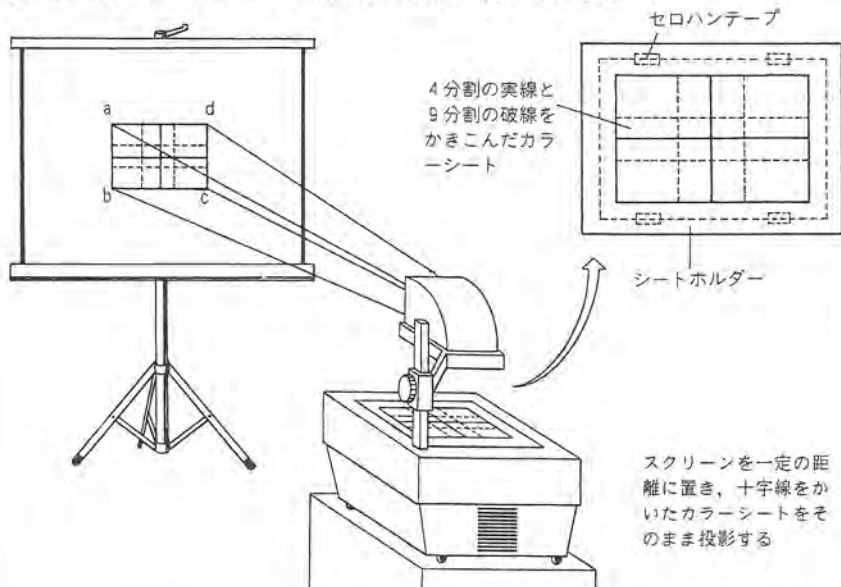
光源からの距離 x [cm]	4	8	12
照度比較器のめもり y	9.9	2.4	1.2

データ例から、距離が2倍、3倍となると、照度計のめもりはほぼ、 $1/4$ 、 $1/9$ になることがわかる。 $1/4$ は $1/2^2$ で、 $1/9$ は $1/3^2$ である。そこで図 b のグラフを $1/x^2$ と y の関係に変換すると、図 c のグラフとなり、照度は光源からの距離の2乗に反比例していることがわかるのである。

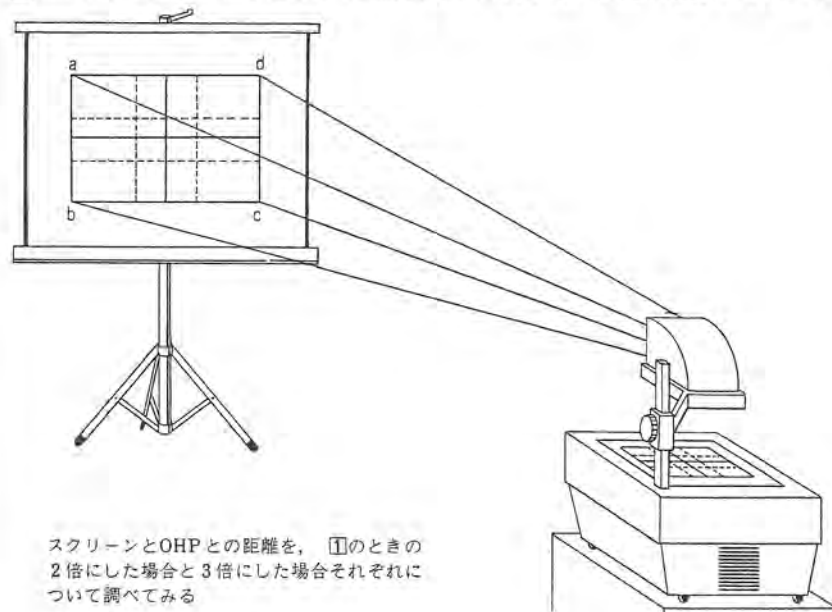
参考 照度比較器は、太陽電池の受光素子 (半導体シリコン) を使用し、光の強さと出力電流の比例現象を応用して作られたものである。メーター部分と受光面が分離しているものや一体となっているものがある。

【別法】OHPを用いる方法

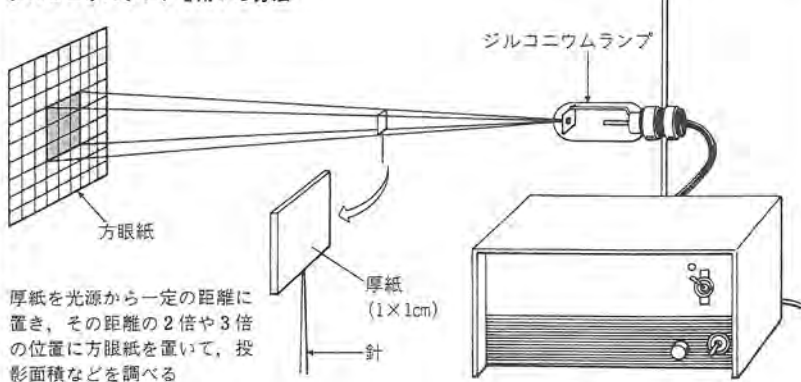
①OHPの光を、スクリーンに投影し、投影面積と照度を調べる



②OHPからスクリーンを遠ざけて投影面積と照度を調べ、①の場合と比較する



ジルコニウムランプを用いる方法



【別法】OHPを用いる方法

解説 光源からの距離と照度の関係を、前ページのように数式化すると理解しにくい場合がある。この方法は、OHPを使うことにより、これらの関係を視覚的にとらえることができるようにしたものである。

留意点 この実験は、暗室で行う必要はない。

① 留意点 スクリーンに投影した面積は、OHP上の分割線入りのカラーシートとは別のカラーシートをあてがってはかればよい。このためには、投影面積と面積測定用のカラーシートの大きさが同じになるように、OHPとスクリーン間の距離をあらかじめ調べておき、その距離と同じにして投影すると簡単である。スクリーン上の照度は、照度比較器（ルクス計でもよい）で調べる。このとき、白いものや壁による影響、直射日光には十分注意する。

明・暗の切り換えスイッチ付きのOHPでは、スイッチを使用して、スクリーンの明暗も比較観察するとよい。

② 留意点 スクリーンを移動する位置をあらかじめ測定しておき、床に印をつけておくことよい。

スクリーンを遠ざけるにしたがって、スクリーンの明るさが暗くなることをよく観察しておく。

解説 スクリーンから光源までの距離が2倍、3倍になると、スクリーンの投影面積は4倍、9倍になる。同じ量の光を受ける面積が4倍、9倍になるということは、照度が $1/4$ 、 $1/9$ になるということである。これは、照度比較器で測定することにより確認できる。

結果 OHPのスイッチ操作で光源の明暗を切り換えて、スクリーンの照度を調べると、光源が明るいときのほうが照度が大きいことがわかる。

光源の明るさを一定にしてスクリーンの照度を調べることにより、照度は、光源からの距離の2乗に反比例することがわかる。

参考 この実験は、OHPの代わりにスライド映写機を用いてもよい。スライド映写機のほうが光漏れの影響が少ないので、よい結果が期待できる。

また、高価ではあるが、点光源としてジルコニウムランプを使用すれば、OHPやスライド映写機より明確に視覚化して調べることができる(左の囲み図を参照)。ジルコニウムランプは、ほとんど完全な点光源なので、距離を2倍、3倍、……にすると、投影面積は4倍、9倍、……とみごとに拡大される。

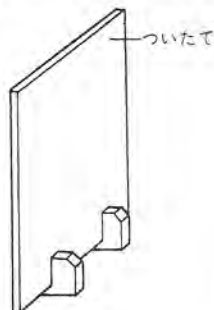


ねらい ③図

放射計を用いることにより、光が仕事をする事が調べられる。
また、光をエネルギーとして説明することができる。
光のエネルギーの表れ方は、明るさにより変化することが確かめられる。

①光を通さないもの。

①放射計に、一定の距離から電球の光を当ててみる



放射計と電球の距離を一定(40cm)にして電球を点灯し、羽根車の動きを観察する。
次に、放射計と電球の間に光を通さないついたてを置いて光を遮ったり、電球のスイッチを切ったりして、羽根車の動きを観察する

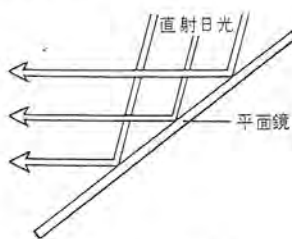
②放射計に電球の光を当て、その距離を変えてみる



放射計と電球の距離を1mにして電球を点灯し、羽根車の動きを観察する。次に、電球を50cm, 30cmと放射計に近づけていき、羽根車の動きの変化を観察する

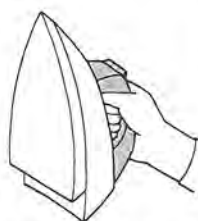


③放射計に日光を当ててみる



日光を反射させて放射計に当て、羽根車の動きを観察する

熱線による放射計の回転



放射計に加熱したアイロンなどを近づけてみる

① 留意点 教室は暗室にしたほうがよい。

実験グループを多くすると、放射計に対する他の電球の影響が大きくなるので気をつける。

60Wの電球と100Wの電球について試してみるとよい。

結果 放射計に光を当てると羽根車は回り、光を遮ると羽根車の回転は止まる。このことから、光は、羽根車の摩擦に対して仕事をしたことがわかる。また、光もエネルギーの一種だということもわかる。

② 留意点 60Wの電球と100Wの電球で同様の実験を行い、観察結果を比較してみるとよい。

結果 放射計と電球の距離が近いほど、また電球のW数が大きいほど羽根車はよく回る。

③ 留意点 他のグループの反射光の影響がないように気をつける。

光を、厚紙や手などで遮ったときの、羽根車の動きの変化についても調べてみるとよい。

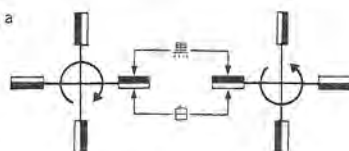
参考 放射計は、放射熱の存在を調べるための計器でもある。したがって、加熱したアイロンや電気ストーブなど、高温の物体から出た熱線を放射計に当てても、羽根車は回る。また、ついたてなどで遮ると、回転の様子が変化する。このことから、熱線の伝わり方は、光と同じであることがわかる。

放射計について

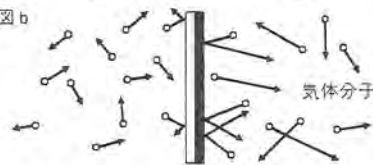
放射計は、少量の空気を残してかなりの真空にしたガラス球の中に、上下2組の羽根車を入れたものである。それぞれの羽根車には、片面を黒くし、もう一方の面を白くした羽根を4枚とりつけてあるが、上下の羽根車では、この羽根の色の向きを逆にしている。

このように両面が黒と白に色分けされた羽根に光(熱線)を当てると、上下の羽根車はそれぞれ図aのような方向に回転する。これは、羽根に光が当たると、黒い面の側が高温になるため、その付近の空

図a



図b



気の分子運動が激しくなり、羽根の両面に圧力差が生じるためである(図b参照)。

したがって、ガラス球の内部が完全な真空だと、羽根車は回転しないことになる。また、空気が多過ぎても、空気抵抗が大きくなり過ぎるので回転しない。このような理由から、ガラス球内部には少量の空気を残してあるのである。また、同様の理由で、羽根車は少量の力でも回転できるように軽く支えてある。
放射計には、光や熱線を当て続けてはいけない。羽根車の回転が止まってしまうことがある。回転が止まった場合は、少し冷やしてから使用する。

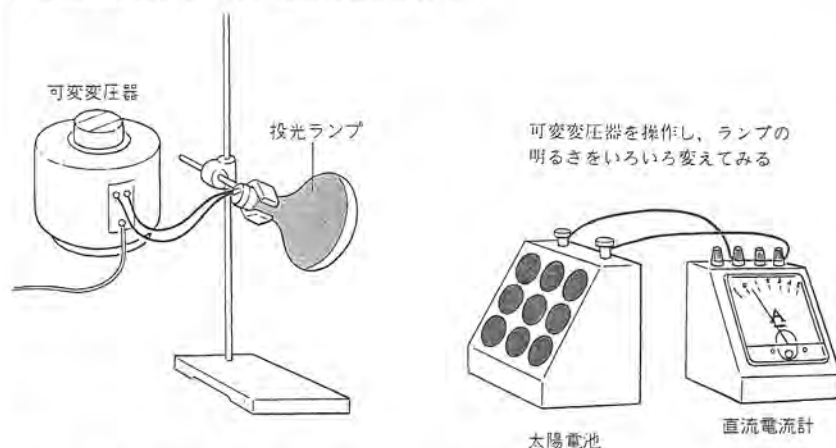


ねらい ①

太陽電池には、光のエネルギーを電気エネルギーに変換するはたらきがあることが調べられる。

①専用モーターとプロペラがついているもの。

① 太陽電池に光を当て、電流の値を読みとる



① 留意点 投光ランプと太陽電池の距離は一定にしておく。

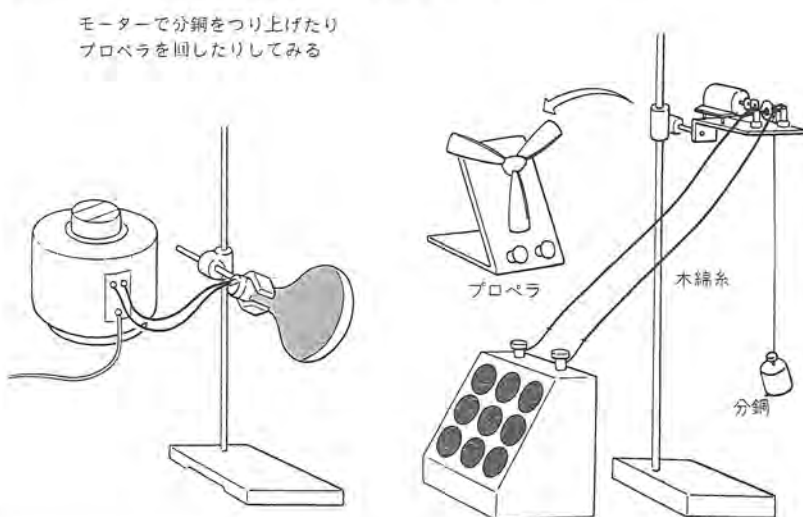
各グループの投光ランプの光が、互いに影響しないように注意する。

電流計の負端子は500mAを使用する。

結果 太陽電池に光を当てると、電流が流れることがわかる。

電流の大きさは、光が強いほど大きいことがわかる。

② 太陽電池に光を当て、モーターを回してみる



② 留意点 分銅をつるした木綿糸は、モーターの回転軸に直接とりつけてもよい。

投光ランプと太陽電池の距離は、20cm程度で一定にしておく。

ランプの明るさをいろいろ変えたとき、分銅が上げられる速さや、プロペラの回転の速さがどうなるかを、よく観察する。

結果 太陽電池にモーターをつないで光を当てると、モーターが回転することがわかる。そして、分銅を上げたり、プロペラを回したりすることができる。

またこのとき、強い光を当てるほど分銅は速く上げられ、プロペラは速く回転することがわかる。

太陽電池の応用

太陽エネルギーを電気エネルギーに変換することに成功した当初、変換効率は、わずか1%ぐらいであった。しかし、その後の半導体の研究と改良により、現在では15%ぐらいにまで達している。今後、変換効率はさらに高められていくだろう。半導体の特性を示す物質の代表的なものとして、シリコン、ゲルマニウムなどがあげられるが、太陽電池では、一般にシリコンが多く使用されている。太陽電池は、ふつうの乾電池と同じように、必要出力に応じて電池のつなぎ方(直列・並列)を変えることにより、電圧の

高低や電流の強弱を自由に変えることができるので、電源として応用されている。人工衛星や地上の大きな設備の電力供給から、自動機器的電源まで、幅広く利用されている。

現在、世界の出来事を同時にテレビ放送するために地球を回っている商業用通信衛星には、電源として出力570Wの太陽電池がとりつけてある。

太陽電池をつけた静止衛星による日米間の宇宙中継は、1966年12月、インテルサット1号(アーリーバード)で始まった。また、電力網の届かない山間部や海上の

中継地や無人灯台などの電源としても使用されている。公害の心配のない商業用電力として利用される日も、近い将来に来るだろう。

電源以外にも、光の検出装置として、カメラの露出計、品物(製品)などをその形により選別する機械、地球上を照らす太陽光の光量測定器など幅広く利用されている。

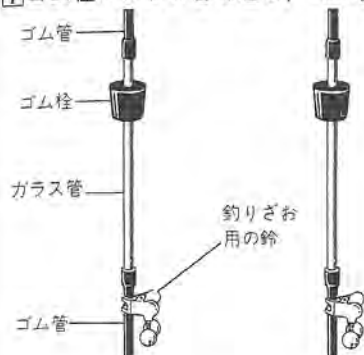
カメラの露出計では、受光面に使われているが、光を電流に変え、さらにその電流を針の動き(仕事)に変えて被写体からの光の量を検出するのである。

ねらい 図1 空気がなくなると、音が伝わらなくなることが調べられる。

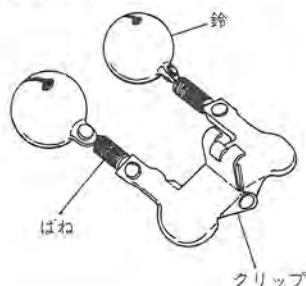
釣りざお用の鈴^① ゴム栓 ゴム管 ガラス管 丸底フラスコ(500cm³2) ピンチコック スタンド 水槽 加熱器具 【別法】真空ポンプ 真空グリース 排気盤^② 排気鐘 ゴム栓 ゼムクリップ ベル 導線 電源装置

①釣り具店で、「すいこみ用のさおにつける2個付きの鈴」と言って購入する。②水銀マンネーターがついていない場合は水銀マンネーターも別に用意する。

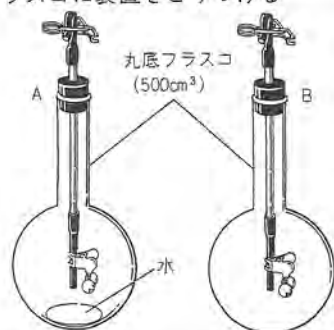
① ゴム栓にガラス管を通し、ゴム管と鈴をセットした装置を2組作る



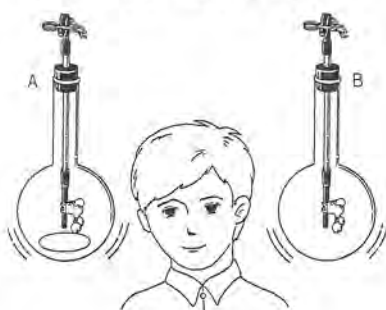
釣りざお用の鈴



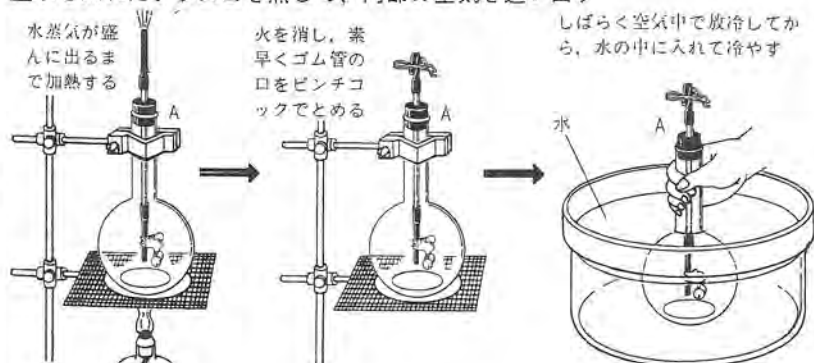
② 水を入れたフラスコとそのまのフラスコに装置をとりつける



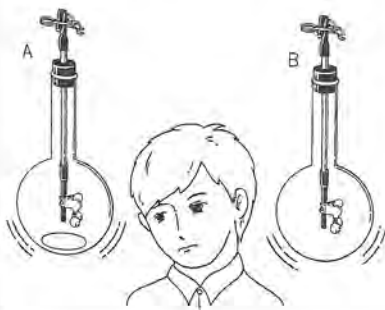
③ 2つのフラスコを振って、空気が入っているときの音を調べる



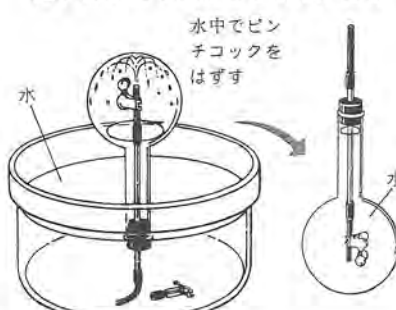
④ 水を入れたフラスコを熱して、内部の空気を追い出す



⑤ 2つのフラスコを振って、音を比較する



⑥ 水を入れたフラスコの内部の空気が追い出されていたことを確かめる



①【留意点】ゴム管は、ガラス管に強く密着するようなものを選ぶ。外径6mmのガラス管を使用したときは、内径5mmのゴム管を使用するとよい。ゴム管の内径が大きくて緩いときは、輪ゴムを使って強く締めるとよい。

釣りざお用の鈴は、高音、大きい音で、しかもできるだけ澄んだ音が出るものを選ぶようにする。また、ばねの長さには7mmのものと4mmのものとの2種類があるが、7mmのものの方がよく鳴る。鈴は、ガラス管の下端より1cmぐらい下のゴム管にとりつけるようにする。これは、鈴の振動がガラス管を伝わって外部に漏れないようにするためである。また、鈴をゴム管にとりつけるとき、鈴のクリップでゴム管を閉じてしまわないようにする。ゴム管を閉じてしまうと、フラスコ内部の空気を、外部に押し出せなくなってしまう。

②【留意点】フラスコは、必ず丸底フラスコを使用する。

フラスコに入れる水の量は、10～15cm³ぐらいがよい。

フラスコの口に鈴がつかえるときには、一方の鈴のばねを引き伸ばして、2mmほどずらすようにするとよい。

ゴム管をピンチコックで閉じるときには、ゴム管を2つ折りにして閉じるようにする。

④【注意】加熱すると、ゴム管内には非常に熱い水蒸気が通うので、ゴム管もかなりの高温になる。したがって、ゴム管を2つ折りにしてピンチコックでとめるときには、必ずピンセットを使ってゴム管を折り曲げる。

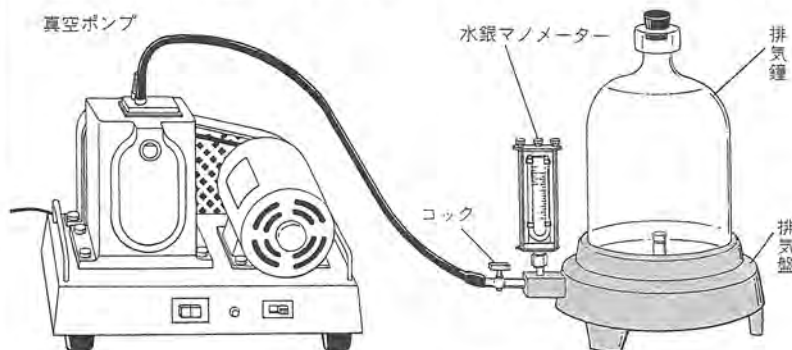
⑥【留意点】水中でピンチコックをはずしたとき、ゴム管がくっついたようになってるので、ゴム管の口を開くようにする。

【解説】フラスコには、ゴム栓から1cmぐらい下の所まで水が入るが、完全に空気を追い出すことは困難である。しかし、水が入った量だけ、フラスコ内の空気が追い出されたことになる。

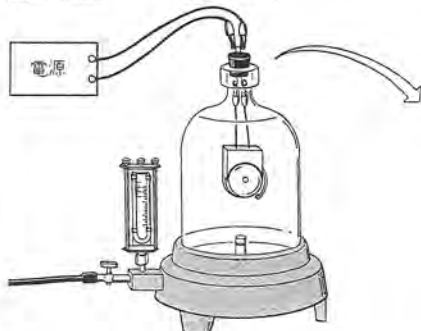
【結果】空気が入っているフラスコを振ると、鈴の音がよく聞こえるが、空気を追い出したフラスコを振っても、鈴の音はほとんど聞こえない。このことから、空気がないと音が伝わらないことが想像できる。

【別法】真空ポンプを使って調べる方法

① 真空ポンプに排気盤などを接続する



② 排気鐘にベルをセットする



ゴム栓の作り方



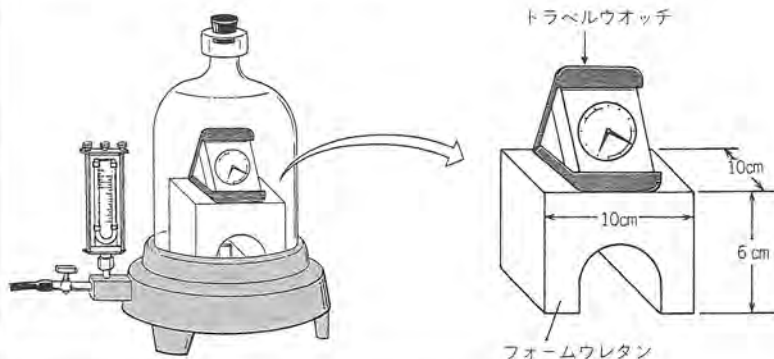
ゼムクリップを伸ばし、
金づちでたたいてまっ
すぐにする。次に、先
端をペンチで斜めに切
る。これを2本作る



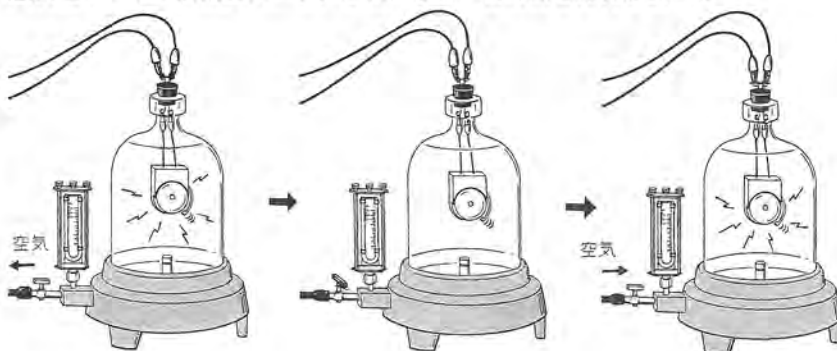
ゴム栓に近い部分をペ
ンチで挟み、ゴム栓の
中に徐々に差しこむ

導線を接続しやすいよ
うに、両端をペンチで
丸める

ベルの代わりにトラベルウォッチを用いる場合



③ 真空ポンプと排気盤のコックを操作して、音の聞こえ方を調べる



ベルを鳴らし、真空ポン
プを作動させて排気を始める

音が聞こえなくなったら、コ
ックを閉じ、ポンプを止める

ゆっくりコックを開き、少
しずつ空気を入れていく

【別法】真空ポンプを使って調べる方法

① 留意点 装置を組み立てるとき、次の点に
気をつける。

- 真空ポンプ用油が、油槽窓の中心まで入っていることを確認する。多過ぎると吹き出しやすいし、少な過ぎるとポンプの排気効率が低下する
- 排気盤の盤面、排気口、排気鐘の排気盤との密着面およびゴム栓口などにごみがついていないかどうかを調べる
- 排気鐘と排気盤の密着面、ねじ、コック、ゴム管の接着部などに真空グリースを塗る。真空効率が一段とよくなる

② 留意点 ベルの代わりにブザーを使ってもよい。

ベルに接続する導線は、必ず上の囲み図のようにゴム栓の中を通すようにする。ゴム栓とガラスの間に挟みこむと、すき間から空気が入り、真空にするのが困難である。

参考 ベルやブザーの代わりに、トラベルウォッチや目覚まし時計などの発音体を置いて実験することもできる。この場合、音が排気盤に伝わらないようにするため、フォームウレタンか軟らかいスポンジを台にし、その上に発音体を置くようにする。

③ 留意点 真空ポンプを始動したとき、回転音がおかしいときには、故障の有無を点検する。

実験終了後は、装置に塗った真空グリースを完全にふきとって保管する。ごみ付着防止、グリース酸化固着防止のためにも、必ず実施する。

結果 排気鐘内の空気が希薄になるにしたがって音が小さくなり、真空に近い状態になると音が聞こえなくなる。そして、空気を入れていくと、再び音が聞こえだし、その音は次第に大きくなっていく。このことから、空気がないと音が伝わらないことがわかる。



① 音は、空気や水などを伝わりながら広がっていくことが調べられる。

音は、空気のほか、金属や木のようなものでも伝わることを調べられる。

ろうと(直径9cm程度のもの) ビニル管 ガラス管^① ろうそく^② 大だいこ ストップウオッチ ビニルシート^③ 輪ゴム スタンド ガス管 ガス管どめ 針金電話 水槽 スプーン^④ 空き缶^⑤ 角材^⑥ しの竹^⑦

①ビニル管連結用と、ガス管用の先を細くしたもの。②大きいものを5本程度。③薄いもの。ビニル袋でもよい。④たばこの箱ぐらいの大きさと、ふた付きのもの。⑤7~8mm角、長さ90cm程度のもの。⑥直径13mm、長さ1m程度のもの。

① 空気が音を伝えることを調べる



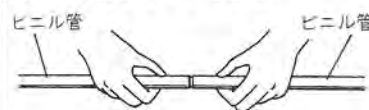
ろうとをつけたビニル管を通して2人で話しながら、もう1人が下の①~⑤のような操作をし、声の聞こえ方を比べる

② 空気の震えが広がっていく様子をろうそくの炎で調べる

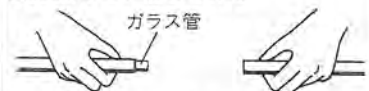


たいこをたたいて、ろうそくの炎の様子を観察する

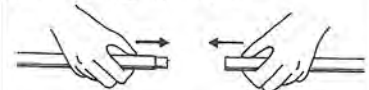
① ビニル管をつないでみる



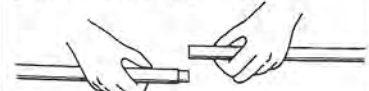
② 20cmぐらい離してみる



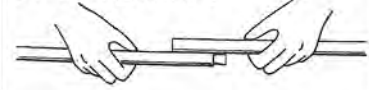
③ だんだん近づけてみる



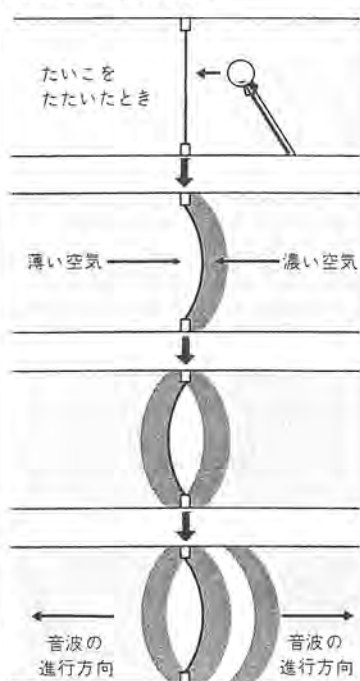
④ 少しずらしてみる



⑤ ずらして重ねてみる



空気の震えが伝わる様子



③ 音を集めることができるかどうかを調べる

① ろうとを耳に当てて時計の音を聞き、耳だけで聞いた場合と比較する



② ろうとにビニルをかぶせ、①と同様の実験を行ってみる



① **留意点** 実験は3人1組で行う。2人がビニル管を通して会話をし、もう1人がビニル管を操作する。

ろうとを耳に当てて聞く者は、反対側の耳をふさぐようにする。

解説 ①では、声がよく聞こえる。

②では、今まで聞こえていた声が聞こえにくくなる。

③では、だんだん聞こえやすくなる。

④では、声が聞こえにくくなる。

⑤では、声が聞こえなくなる。

以上のことから、ビニル管の振動が声を伝えたのではなく(糸電話や針金電話の場合は、糸や針金の振動が声を伝える)、管内の空気が声を伝えたことを考えてみる。

② **留意点** ろうそくは、大きい炎が上がるように、大きなものを使用するとよい。

たいこの高さを調節し、炎の高さが、たいこの中心にくるようにする。

ろうそくの位置による炎の揺れぐあいの差を、よく観察する。

たいこを強くたたいたり弱くたたいたりし、炎の揺れ方の違いについても調べてみるとよい。

解説 たいこの近くの炎は大きく揺れ、遠くなるほど揺れは小さくなる。このことから、音がどのように広がっていくかを考えてみる。

③ **留意点** 音を聞くと、ろうとを当てる反対側の耳はふさぐようにする。

②では、できるだけ薄いビニルを使うようにする。ビニルをろうとにかぶせるときには、ろうとを回しながらビニルを巻きつけるようにしてぴんと張り、輪ゴムできつくとめる。

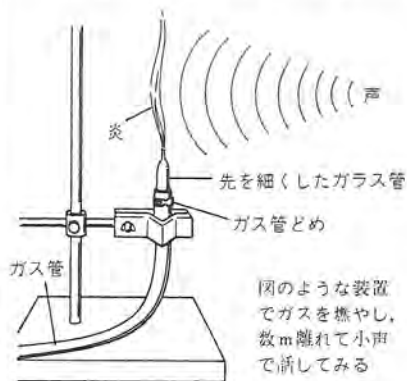
実験前に、①や②のようにしたとき、音がどのように聞こえるかを予想してみるとよい。

解説 ①では、耳だけで聞いたときよりも音が大きく聞こえる。このように、ろうとを使うと、空気中に広がった音を集めることができ、集められた音は大きく聞こえる。

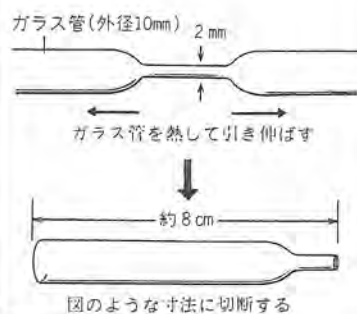
②では、ビニルをかぶせたため、「音は聞こえない」という予想が案外多い。しかし、音は聞こえる。

実験後、①と②それぞれについて、音がどのように伝わったかを考えてみる。

④ 炎の震えで、空気が音を伝えることを調べる

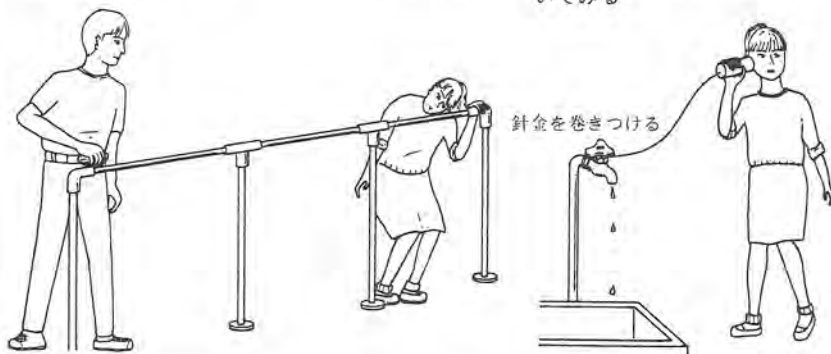


ガラス管の加工のしかた

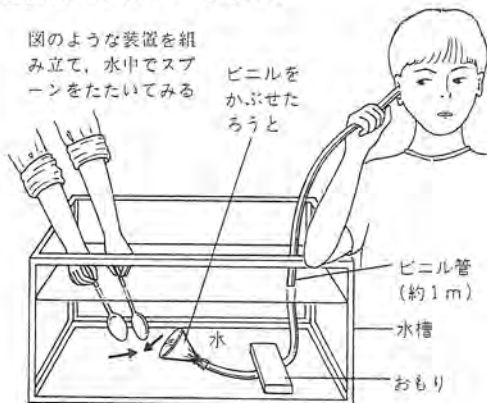


⑤ 金属を伝わる音を調べる

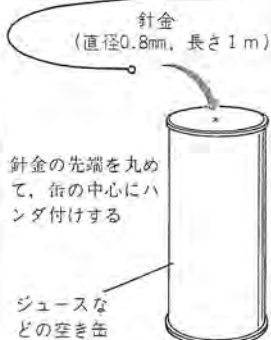
- ① 鉄棒に耳を当て、一端を石などでたたいてみる ② 針金電話でいろいろな音を聞いてみる



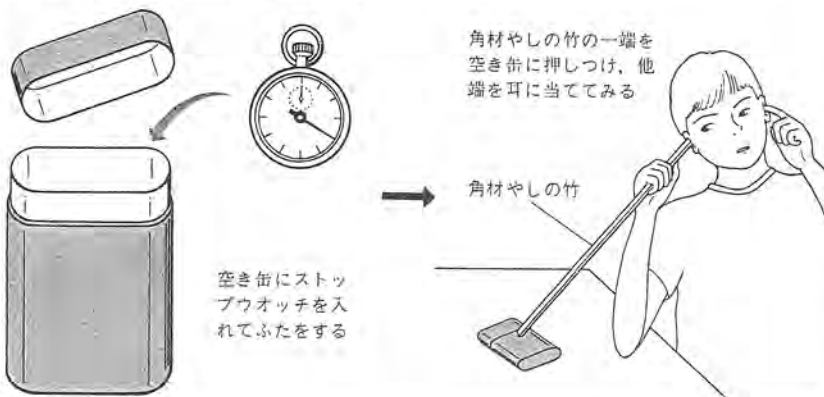
⑥ 水中を伝わる音を調べる



針金電話の作り方



⑦ 金物や木などを伝わる音を調べる



④ 留意点 ガラス管は、ガス管の内径よりも少し太いものを使用する。

ガラス管をガス管内に挿入し、ガス管どめで締めた後、ガス漏れの有無を点検しておく。接続部分にせっけん水を塗り、吹き出し口を指でふさいで、元栓を開いてみればよい。ガス漏れしていれば泡が立つ。

炎の長さは80cmぐらいがよい。調節は元栓で行う。

小声で話するとき、10mぐらい離れた位置から、話しながら少しずつ近づいていくようにするとよい。

実験者以外は、実験中、声を出したり動いたりしないようにする。

⑤ ① 解説 鉄棒の端を1回たたいただけなのに、2つの音が重なったように聞こえることがある。これは、鉄と空気の両方の音の伝わる速さに差があるからである。

留意点 鉄棒の代わりにジャングルジムを利用するとよい。5～6人のグループで実験できるので、学習が活発になる。

② 留意点 針金の一端を水道の蛇口に巻きつけて水漏れの音を聞いたり、鉄棒に巻きつけて鉄棒をたたいたときの音を聞いたり、いろいろ試してみるとよい。

解説 針金電話は、針金がたるんでいてもよく聞こえる。糸電話と比べて、音の伝わり方の違いを考えてみる。

⑥ ② 解説 ビニル管に、ビニルを張ったろうとをとりつけるのは、ビニル管中に水が入らないようにするためと、水の振動を受けやすくするためである。

留意点 ろうとにビニルをかぶせるときには、ビニルをぴんと張ってセロハンテープで固定し、さらに輪ゴムで水が入らないようにきつくとめる。



2本のスプーンをたたくほか、いろいろな音源で試してみるとよい。例えば、ビニルで包んだブザーを鳴らすのもよい方法である。

⑦ 留意点 空き缶は、たばこの箱ぐらいの大きさのものを使う。この程度の大きさのものを使ったときの結果が、もっともよいようである。

耳に押し当てる側の角材やしの竹の先端は、角をとり、丸めておくようにする。音を聞くと、角材などを押し当てる反対側の耳はふさぐようにする。



ねらい ①

空気中を伝わる音の速さを求めることができる。

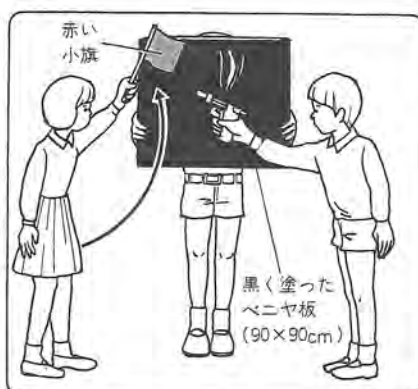
音が伝わる速さは、物質により異なることが調べられる。

ベニヤ板^① スタート用ピストル 雷管^② 赤い小旗 双眼鏡 ストップウォッチ 縄 巻き尺 綿テープ^③ ハンドスピーカー おわん 木づち

①90×90cm程度のもの。墨汁などで片面を黒く塗っておく。
②煙がでるだけ多く出るもの。③フェルトペンでもよい。

①空気中を伝わる音の速さを求める ①広くて見通しのよい所で調べる

記録係が2人の場合

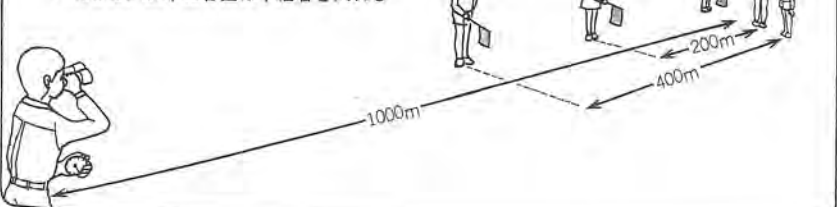


ピストル以外の発音体



発射合図の中継方法

距離が遠く、ピストルの発射が確認できない場合は、途中で合図の中継者を入れる



①①留意点 実験は、500～800mぐらいの見通しのきく所、例えば河川敷や堤防などで行う。

2点間の距離を、測縄を使って正確にはかしておく。

測縄の作り方



測定距離が遠いことや風のため、ピストルの白煙が見定めにくいことがある。そこで白煙を見やすくするため、ピストルの後ろに、黒く塗ったベニヤ板を置くようにする。

ピストルを発射する側は、ベニヤ板を持つ者、ピストルを発射する者、赤い小旗で発射の合図をする者の3人で一組となる。そして、赤い小旗を持った者が責任者となり、「用意・ドン」の合図を送ると同時に、下げていた小旗を素早く上げるようにする。また、ピストルを持った者は、この合図と同時に、素早くピストルを発射するようにする。このとき、突然ピストルを発射すると、記録側が計時できないことがある。そこで、発射の準備が完了したら、小旗を左右に振って、その旨を記録側に知らせてから発射するようにする。

記録(計時)は1人でもできるが、2人一組となり、1人が双眼鏡で発射の煙を確認し、他の1人がストップウォッチで計時するようにするとよい。

距離の遠い海岸などで実験する場合、記録側がピストルの発射を確認できないことがある。このようなときは、途中で赤い小旗を持った中継者を入れて実験するとよい。中継者は、ピストルの発射音を聞いて旗を上げるのではなく、合図者の旗をよく見て、その旗が上がると同時に旗を上げなければならない。そのため、チームワークが必要となる。また、このように、距離がきわめて離れている場合、風があると音速が不正確になるので、できるだけ風の少ないときに実験する。

参考 発音体としては、ピストルのほか、いろいろなものが考えられる。例えば、地面にくいを打つ音を利用してよいし、針金でつるした鉄板を金づちでたたいて

②音の反射を利用して調べる



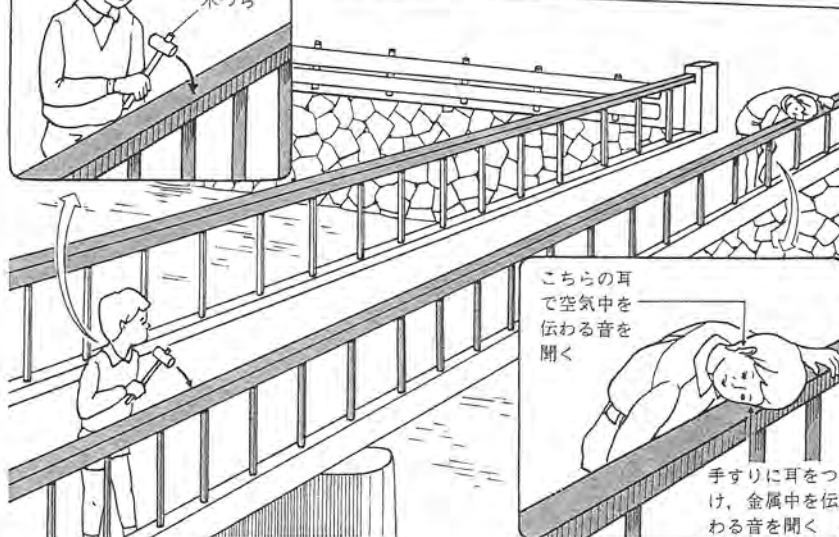
- ①建物の壁から200 mぐらい離れた所に2人で立つ
- ②1人は、壁に向かい、ハンドスピーカーを使って声を出す。他の1人は、このときストップウォッチをスタートさせ、音が壁に反射して戻ってくるまでの時間をはかる



②金属中を伝わる音と空気中を伝わる音の速さを比べる



- ①橋の両端に2人で立つ
- ②1人は、橋の手すりをたたいて音を出す。他の1人は、手すりを伝わる音と空気中を伝わる音とを聞き比べる



③音の速さから、音源までの距離を求める

①花火までの距離を調べる



②雷雲までの距離を調べる



もよい。発音体は強い短音を出すものをもっともよく、余韻を残すものは音の聞こえ始めがキャッチしにくいのでよくない。

解説 音の速さは、次式から求める。

$$\text{音速}(\text{m/s}) = \frac{2 \text{ 点間の距離}(\text{m})}{\text{音が伝わる時間}(\text{s})}$$

- ② **留意点** ハンドスピーカーを持った者は、音が直角に反射するように位置する。計時者は、反射音を正確にキャッチするため、集音用におわんなどを使用するとよい。

解説 音の速さは、次式から求める。

$$\text{音速}(\text{m/s}) = \frac{2 \times \text{壁面までの距離}(\text{m})}{\text{音が戻ってくる時間}(\text{s})}$$

- ② **解説** 音は、2度聞こえる。最初は手すりに当てている耳から聞こえ、次に他方の耳から聞こえる。これは、音が金属を伝わる速さのほうが、空気を伝わる速さよりも速いからである。

- ③ **解説** 空気中を伝わる音の速さは、気温が0℃のとき、331m/sである。そして、この速さは、気温が1℃上がるごとに、0.6 m/sずつ速くなる。そこで、この関係を利用すれば、音源までの距離を求めることができる。

例えば、気温が20℃のとき、花火が見えてから5秒後に音が聞こえたとしても、花火が光った所(音源)までのおよその距離は次のようになる。

$$(331 + 0.6 \times 20) \times 5 = 1715(\text{m})$$

- ③ **参考** 音が伝わる速さは、物質により異なるが、次の表は、その一例を示したものである。

物質	速さ[m/s]
空気	331.45(0℃)
水	1433 (15℃)
海水	1513 (20℃)
硬い木	約4200
はがね	約4900
ガラス	約5300

筒^① 時計^② ハンカチ 反射板^③ TPシート
 油性フェルトペン(赤、青) 油粘土 木の板 調
 理用ボール 千枚通し ハンドスピーカー 傘
 おわん

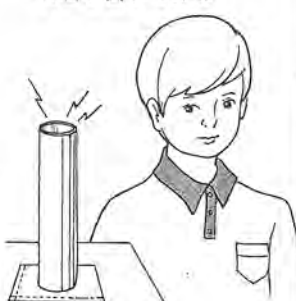
①長さ30cmの塩化ビニル管がよい。②ストップウォッチと卓
 上用のもの各1個。③鏡のほか、金属板、下敷き、フォーム
 ポリスチレン板、表面の滑らかな硬い木の板、テックス板な
 ど、いろいろなものを用意するとよい。

①音の反射について調べる

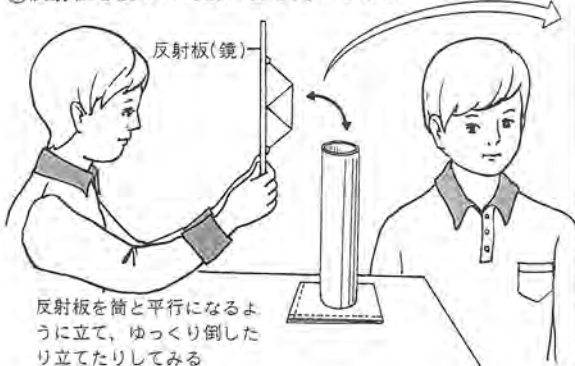
①時計に筒をかぶせる



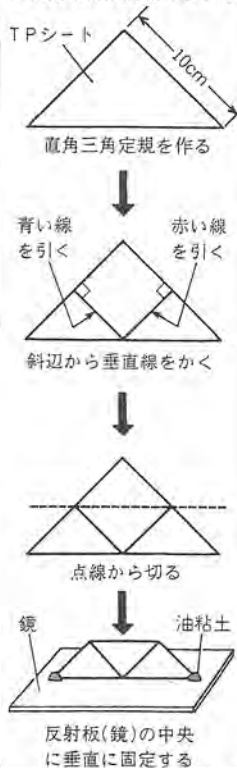
②反射板を使わないで時計の音を聞いてみる



③反射板を使って時計の音を聞いてみる



反射説明用反射板の作り方



④音がいちばんよく聞こえたときの反射板の角度を調べる

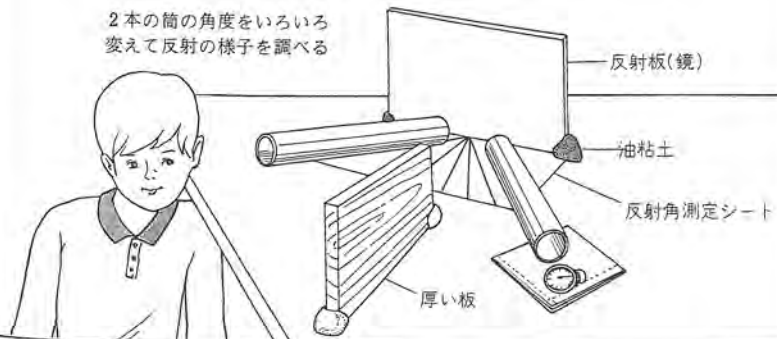


⑤1人で③④と同様の実験を行ってみる



2本の筒を使って調べる方法

2本の筒の角度をいろいろ変えて反射の様子を調べる



①①留意点 時計は、机や本など硬い物の上に じかに置かず、ハンカチなどのような 布の上に置くようにする。

③留意点 2人一組になり、1人が反射板を 操作し、他の1人が音を聞くようにする とよい。

反射板(鏡)には、反射角測定用のTPシートをとりつけておくことよい。TPシートを固定するときには、油粘土の代わりにセロハンテープを用いてもよい。TPシートをとりつけた反射板を用いる場合、青い線のほうが下になるようにし、その先端がいつも筒の中心にきているように注意しながら操作する。

反射板を立てたり倒したりするときには、筒と平行な位置から筒と直角の位置の間をゆっくり往復させるようにする。

反射板として、鏡に布をかぶせたものを用いたり、その他の材料、例えば金属板、下敷き、表面の滑らかな硬い木の板、フォームポリスチレン板、テックス板などを用いるなど、いろいろなもので音の聞こえ方の違いを調べてみるとよい。

解説 反射板の傾きを変えると、音が大きくなったり小さくなったりする。これは、反射板で反射された音が、耳のほうに向かったり、耳からそれたりするからである。また、反射板として鏡以外のものを用いた場合、その材質により反射音の大きさが違って聞こえる。これは、材質により反射のしかた(吸収のしかた)が違うからである。

④留意点 ③の実験において、音の聞き役が、いちばん大きく聞こえたときに「ストップ」をかけて、反射板の角度を調べるようにすればよい。

解説 音がいちばん大きく聞こえたとき、反射板の赤い線が聞き役の耳のほうを向いている。すなわち、赤い線が水平になり、青い線が垂直となる。このことから、入射角と反射角が等しいことがわかる。

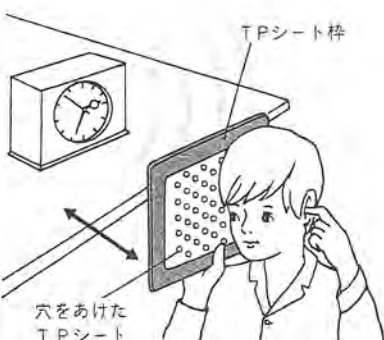
⑤解説 ③と④の操作を1人で行う実験である。音がいちばん大きく聞こえたとき、鏡の中央に筒の底にあるストップウォッチの像が映る。このとき、反射角測定シートの赤い線が水平になり、青い線が垂直となる。このことから、入射角と反射角が等しいことがわかる。

②音を遮るものの違いによる音の聞こえ方の違いを調べる

①木の板で遮ってみる



③穴をあけたTPシートで遮り、近づけたり遠ざけたりしてみる



③音の反射と集音を同時に調べる



ハンドスピーカーを建物の壁に向けて声を出す

②調理用ボールで遮ってみる



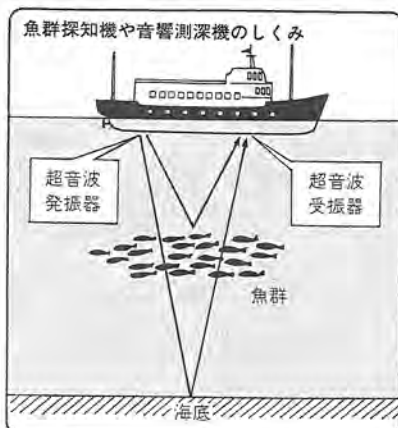
④調理用ボールを②とは逆にして遮り、近づけたり遠ざけたりしてみる



調理用ボール (底を時計のほうに向ける)



山びこ



魚群探知機や音響測深機のしくみ

②留意点 ③で、TPシートに穴をあけるとときには、千枚通しを用いればよい。

解説 ①、②のように、時計と耳の間に遮るものを置くと、なにも置かないときに比べて音が聞こえにくくなる。

また、③のTPシートのように音を遮るものでも、それに穴があいていれば、音はほとんど聞こえにくくならない。これは、音が小さな穴を通り抜けて広がるからである。

調理用ボールを④のように持ち、耳を覆ってしまうと、音はほとんど聞こえなくなってしまう。しかし、少しは聞こえる。これは、音が回折するからである。

参考 建物や塀の陰にいても、向こう側にいる人の話し声や物音は聞こえる。また、小さな穴からでも音は広がって伝わる。このように、音が障害物の後ろ側にまわりこんで進む現象を、音の回折という。

③留意点 ハンドスピーカーを持った者は建物に近い所に位置し、傘やおわんを持った者は、建物から遠い所に位置するようにする。

ハンドスピーカーを持った者は、声を出すとき、声の大きさができるだけ一定になるようにする。

傘やおわんを持った者は、傘やおわんの向きを変えたり、とりはずしたりして、音の聞こえ方の違いを調べるようにする。

参考 音の反射による現象の一つに山びこがある。また、音の反射はいろいろなものに利用されており、我々の日常生活と深いつながりがある。例えば、目に見えない傷を検査する探傷計、魚群探知機、海の深さなどをはかる測深機などにも利用されている。これらの機械に利用されている音波は、超音波である。

超音波とは、ふつう人間の耳には聞こえないくらいの高振動数の音のことである。超音波が水中を伝わる速さは、ふつうの音波が水中を伝わる速さと同じで、だいたい1500m/sである。超音波は、空気中ではすぐ弱まってしまうので、あまり遠くまで届かない。



大きい音が聞こえるときは、物の震える幅(振幅)も大きく、小さい音が聞こえるときは、物の震える幅も小さいことが調べられる。

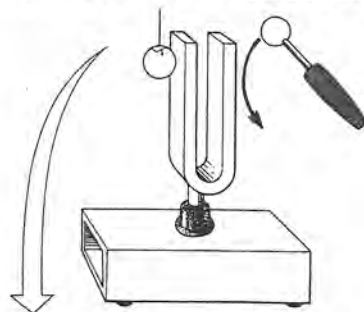
音さ ビンボン玉 木綿糸 セロハンテープ たいこ
砂 モノコード 竹ひご 水槽 ピアノ線(直径0.5mm)
ペンチ 厚紙 不要になった傘の柄 金ノコ ヤスリ
平ゴム(幅8mm, 長さ30cm) エナメル線 扇風機 ものさし(1m, 30cm) しの竹 フィルム スタンド 画用紙
チップソフトペン[®] 赤インキ 上質紙 オシロスコープ マイクロホン 物理用前置き増幅器

①プラチナ万年筆から発売されている。

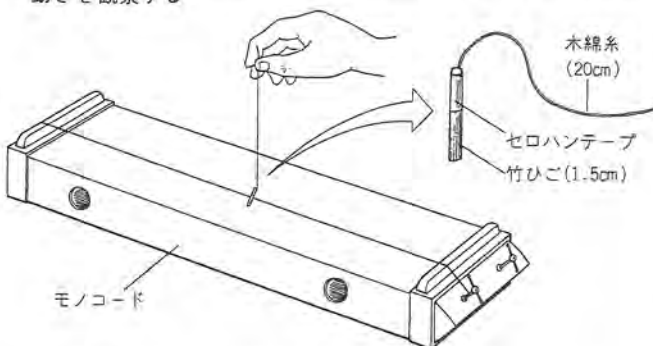
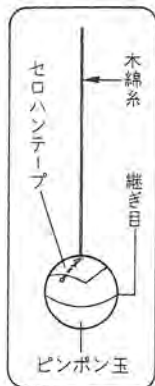
①物が振動すると音が出ることを確かめる

①ビンボン玉の振り子を密着させた音さをたたき、ビンボン玉の動きを観察する

②たいこをたたいて、皮の上に砂を落とし、砂の動きを観察する



③弦を振動させて、木綿糸につるした竹ひごを触れさせ、竹ひごの動きを観察する



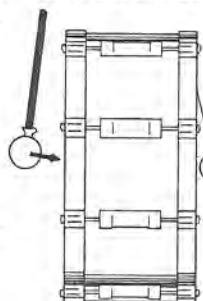
②音さの音の大小と振動の大きさの関係を調べる



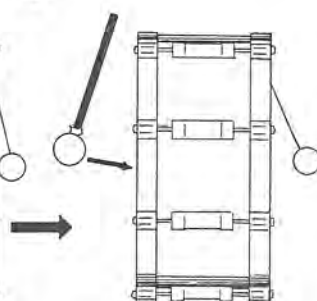
③たいこの音の大小と振動の大きさの関係を調べる



たいこにビンボン玉の振り子を取りつける



弱くたたき、ビンボン玉の様子を観察する



強くたたき、弱くたたいた場合と比較する

①留意点

①ビンボン玉に木綿糸を取りつけるときには、セロハンテープを用いばよい。このとき、木綿糸が抜けてしまわないように、糸の先端に玉を作っておくようにする。また、ビンボン玉の継ぎ目が音さに直角に当たるように、つまり糸でつるしたとき、継ぎ目が水平になるようにする。

②砂は、水洗いした後、よく乾かしたものをを用いる。

砂を落とすときには、たたき方をいろいろ変えながら、少しずつ落とすようにする。

③モノコードの弦は、いちばん太い弦を使用する。

実験は、弦の中央で行うようにする。この際、竹ひごを弦に斜めに載せるようにし、糸をびんと張るようにする。

②留意点 音さは、単音さ(箱からとりはずしたもの)を使用し、共鳴音さ(箱にとりつけたままのもの)は使用しないようにする。

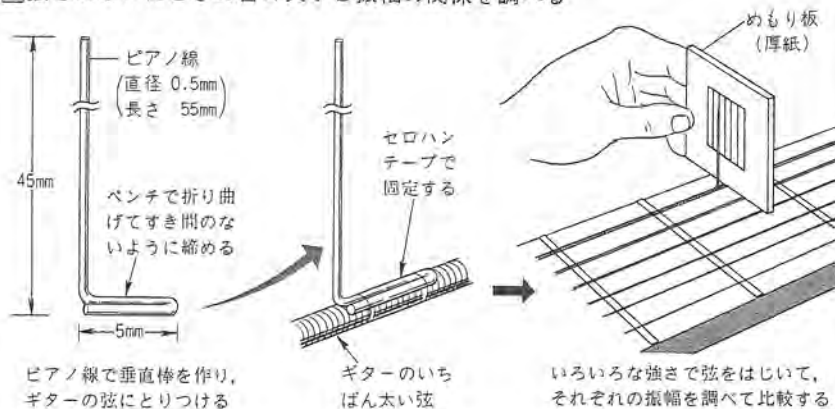
弱くたたいたときと強くたたいたときの水面の様子の違いから、音の大小を振幅と関連づけて考えてみる。

実験終了後は、乾いた布で音さについた水をよくふきとり、ミシン油で油ふきをして保管する。

③留意点 ビンボン玉の振り子をたいこにとりつけるときには、ビンボン玉がたいこの中心にくるようにし、糸の端をたいこの皮の端のほうにセロハンテープで固定する。ビンボン玉の振り子の作り方については、①①の留意点を参照。

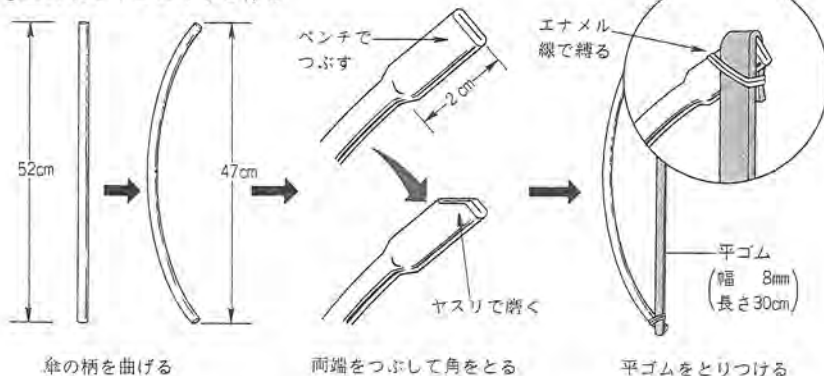
弱くたたいたときと強くたたいたときのビンボン玉の跳ね具合から、音の大小を振幅と関連づけて考えてみる。

④弦をはじいたときの音の大小と振幅の関係を調べる

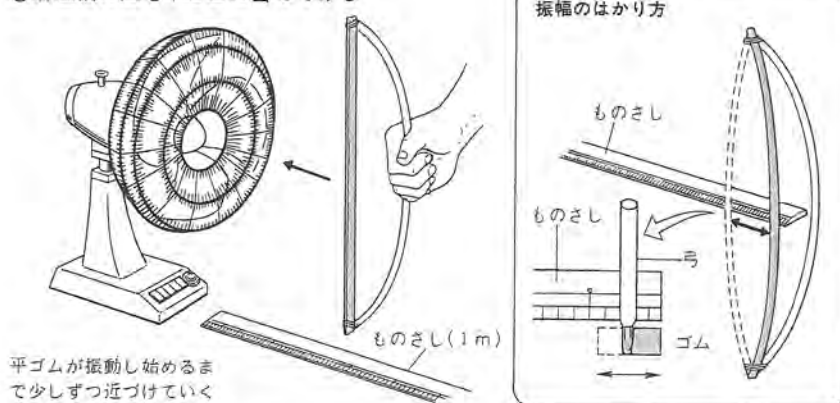


⑤風の強い日に電線がうなるわけを実験で確かめる

①傘の柄と平ゴムで弓を作る

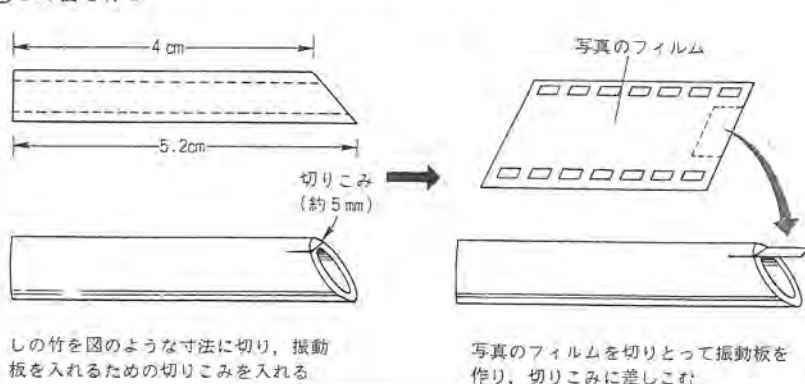


②扇風機の風を平ゴムに当ててみる



⑥しの笛を吹く強さと音の大きさの関係を調べる

①しの笛を作る



④留意点 垂直棒は、セロハンテープでしっかり固定する。

メモリ板は、厚紙に1mm間隔の線を引いて作ればよい。

解説 ギターのいちばん太い弦を使用するのは、音の大小と弦の振幅の関係がわかりやすいからである。

メモリ板を弦の下に置いて調べる方法もあるが、この場合、強くはじいたときは問題ないが、弱くはじいたときには見にくくなる。しかし、この実験のようにピアノ線で作った垂直棒を弦に固定すると、弦を弱くはじいたときでもよく見えるようになる。

⑤①留意点 傘の柄を切るときには、金ノコを用いればよい。中空なので簡単に切ることができる。

曲げるときには、両手で曲げるだけでよい。簡単に曲げることができる。

両端をペンチでつぶすとき、つぶした面が、傘の柄が描く弓形の面と平行になるようにする。

平ゴムをとりつけるときには、平らな面が、傘の柄が描く弓形の面と平行になるようにする。

②留意点 扇風機は、いちばん強い風にする。

風を平ゴムに当てるときには、平ゴムの幅の広い面の中心が、扇風機の中心を向くように弓を持つようにする。

10cmぐらいまで近づけても平ゴムが振動し始めないときは、指で軽くはじいてみるとよい。

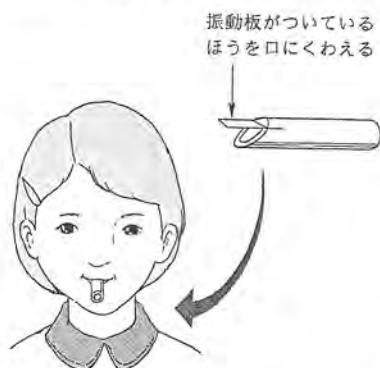
平ゴムが振動し始めたら、弓を近づけたり遠ざけたりし、風の強さ・音の大小・振幅などの関係を考えてみる。

振幅は、ものさしの面が床面に平行になるようにし、メモリがゴムのほうを向くようにしてはかればよい。

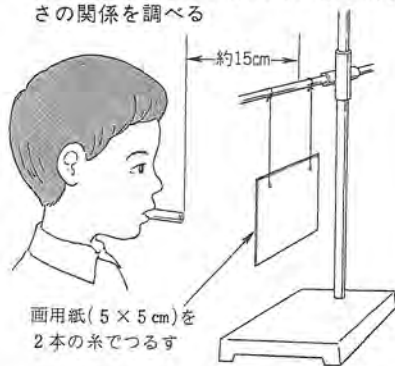
解説 振幅は、扇風機からの距離が30cmのときで3cm程度、70cmのときで2cm程度である。

⑥①留意点 振動板にする写真のフィルムは、薬剤面を水にぬらし、薬剤をナイフなどでこすり落としてから使用するとよい。

② 笛を強く吹いたり弱く吹いたりして、音の大小を調べる

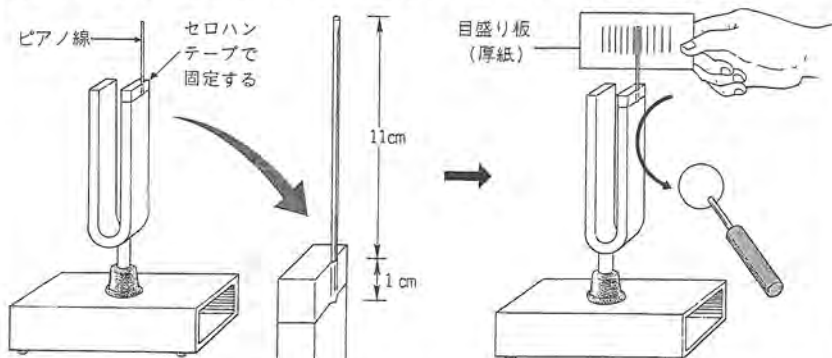


③ 笛を強く吹いたり弱く吹いたりし、笛の前につるした紙の揺れ方と音の大きさの関係を調べる

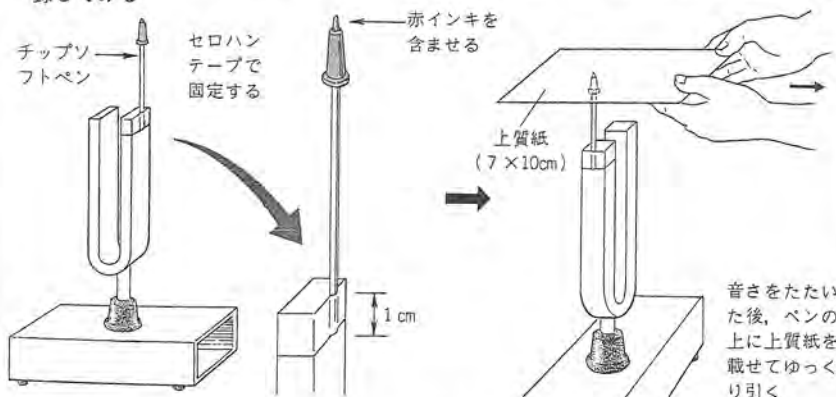


⑦ 音さの音の大小と振幅の関係を調べる

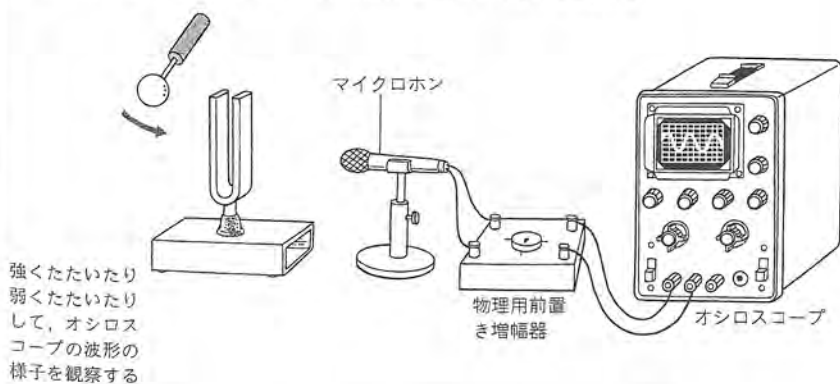
① 音さにピアノ線を取りつけ、強くたたいたり弱くたたいたりして振幅を調べる



② 音さにチップソフトペンをとりつけ、強くたたいたり弱くたたいたりして振幅を記録してみる



⑧ オシロスコープを使って、音の大小と振幅の関係を調べる



③ 解説 糸でつるした画用紙を笛の前につるしておくのは、呼気の強さを調べるためである。

⑦ 留意点 ピアノ線やチップソフトペンを音さに固定するとき、固定部分は1cm程度にする。固定部分が深過ぎると、音さの振動を妨げてしまうので注意する。

⑧ 留意点 オシロスコープの使い方は [167] を参照。



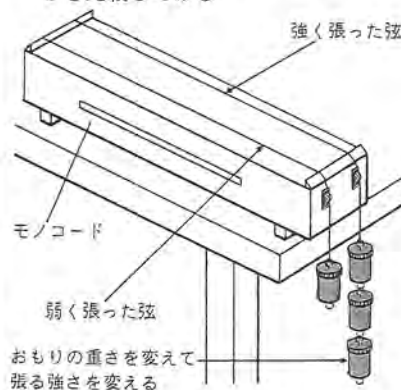
① 図1 図1 モノコード、金ノコの刃、ギター、自転車などを用いて、音の高低と振動数の関係を調べることができる。

モノコード 金ノコの刃 万力 画用紙 竹ひご 糸 ゼムクリップ ピアノ線 セロハンテープ 自転車 テニスボール 厚紙 ストップウォッチ 標準音さ^① マイクロホン 物理用前置き増幅器 オシロスコープ

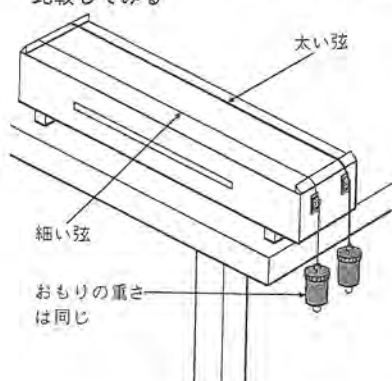
① C¹, C²のものを用意する。

① 弦の状態と音の高低の関係を調べる

① 張る強さの違う弦をはじいて、音の高低を比較してみる



② 太さの違う弦をはじいて、音の高低を比較してみる



① 留意点 モノコードは、ベニヤ板と戸車などで簡単に自作することもできる。自作の方法については、【参考】を参照。

① 留意点 自作のモノコードを使用する場合、弦におもりを下げていないほうの端は、弦の金具をフックに入れてとめるようにするとよい(②も同様)。

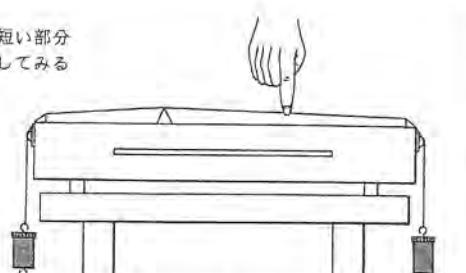
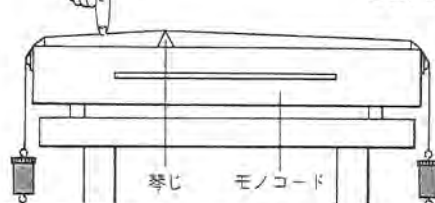
弦は、2本とも同じ太さのものをを用いる。
解説 おもりの数を多くして強く張った弦のほうが、高い音が出る。

② 留意点 弦を張る強さは、2本とも同じになるようにする。

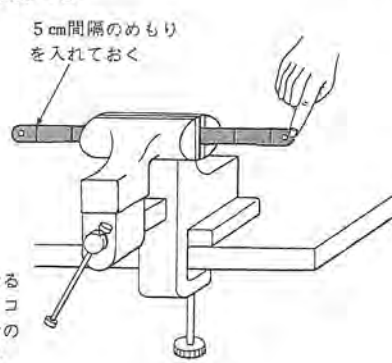
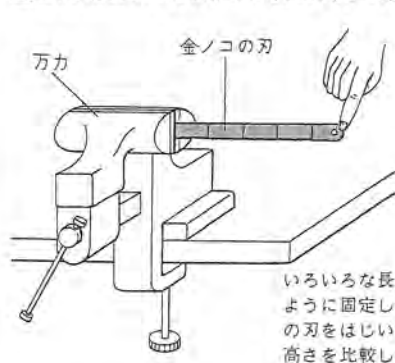
解説 細い弦のほうが高い音が出る。

③ 長さの違う弦をはじいて、音の高低を比較してみる

弦の下に琴じを入れ、弦の短い部分と長い部分をはじいて比較してみる



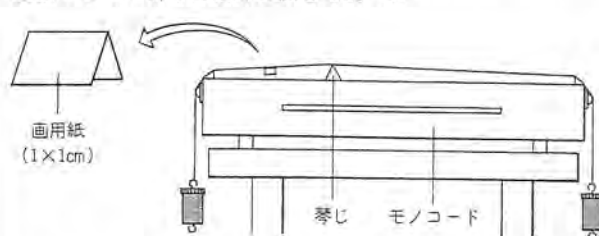
② 金属板の振動の様子と音の高低の関係を調べる



いろいろな長さになるように固定した金ノコの刃をはじいて、音の高低を比較してみる

③ モノコードの弦の振動の速さと音の高低の関係を調べる

① 弦に2つに折った紙片を載せて調べる



(1) 弦の短い部分に2つに折った紙片を載せてから弦をはじき、紙片が振動する速さや音の高低を観察する

(2) 弦の長い部分についても(1)と同様の実験を行い、(1)と比較する

弦を軽くはじく方法



③ 留意点 琴じの位置を移動させて、いろいろな長さの弦について調べてみるとよい。
解説 短い弦のほうが高い音が出る。

② 留意点 金ノコの刃には、振動部分の長さを変えようとする目安とするため、フェルトペンで5 cm 間隔のめもりを入れておくとよい。

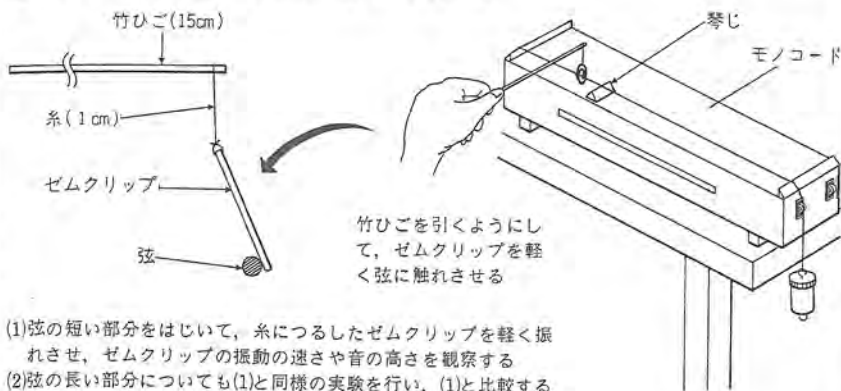
それぞれの長さにおける金ノコの刃の振動の速さを、よく観察しておく。また、このとき、振動部分から出る音をテープレコーダーに録音しておく。そして、録音した音を再生し、そのときの振動の速さを想起しながら、音の高低を聞き比べてみる。

解説 振動部分の長さが短いほど振動の速さが速くなり、音も高くなる。

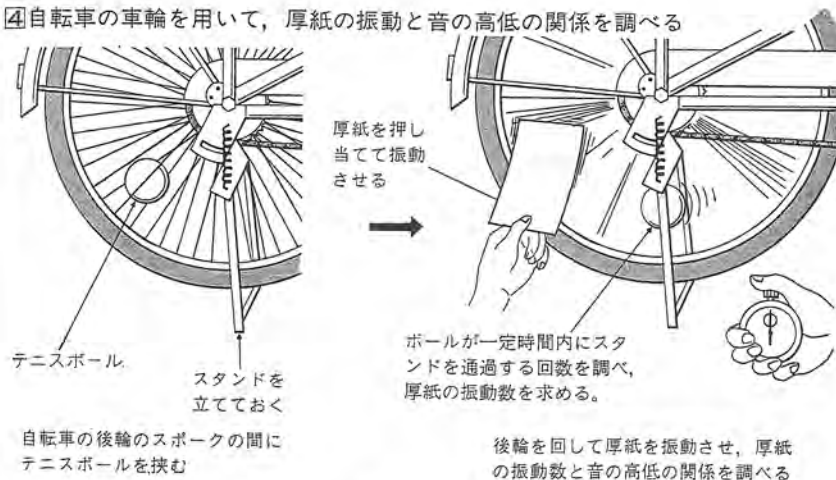
③ 解説 ①の実験を行ってから、次ページの②の実験を行う。②のようにゼムクリップを使って振動の速さを調べると、①のように紙を使ったときに比べて、振動の速さがわかりやすい。

留意点 弦をはじくとき、ボールペンのキャップを使用すると、指先ではじくよりも軽くはじくことができる。

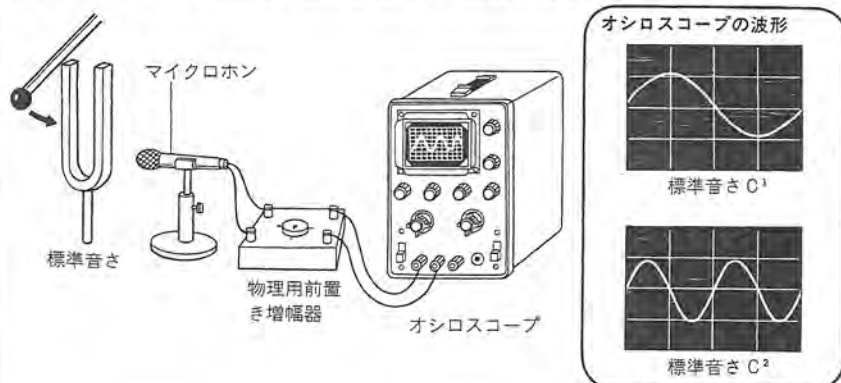
②竹ひごについたゼムクリップを用いて調べる



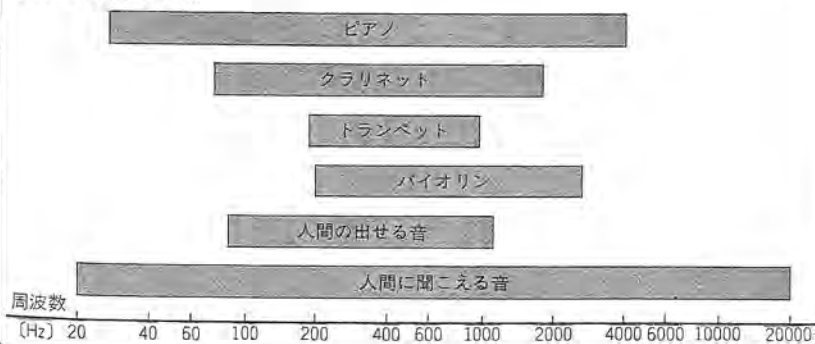
④自転車の車輪を用いて、厚紙の振動と音の高低の関係を調べる



⑤オシロスコープを使って音の高低と振動数の関係を調べる



いろいろな音の振動数



④ 留意点 車輪の回転速度をいろいろ変化させて調べてみる。

解説 車輪の回転を速くするほど厚紙の振動は速くなり、音も高くなる。

厚紙の振動数の求め方を式で示せば、次のようになる。

一定時間内のボールの通過回数を n 、そのときの時間を t とすると、1 秒間の車輪の回転数 n' は、

$$n' = \frac{n}{t}$$

となる。そこで、厚紙を振動させているスポーク(片側のスポーク)の数 x を乗じれば、厚紙の振動数 f を求める式となる。

$$f = n'x \rightarrow f = \frac{nx}{t}$$

⑤ 留意点 標準音さは C¹ (256Hz) と C² (512Hz) を用意する。オシロスコープの使い方は 167 を参照。

結果 1 オクターブ高い音は、低い音と振幅は同じだが振動数が 2 倍である。

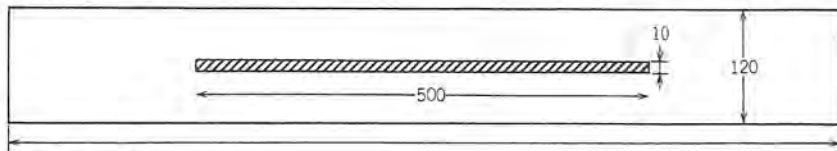
結果 音の高低は物体の振動数と関係があり、高い音ほど振動数が多いことがわかる。

参考 音の高さは、発音体の振動の速さで決まる。そして振動の速さは、1 秒間に何回振動するかという振動数で表す。振動数の単位はヘルツで、記号は Hz である。例えば、1 秒間に 1000 回振動したときに出る音は、1000 Hz の音ということである。人間の耳に聞こえる音は、20～2 万 Hz 程度である。

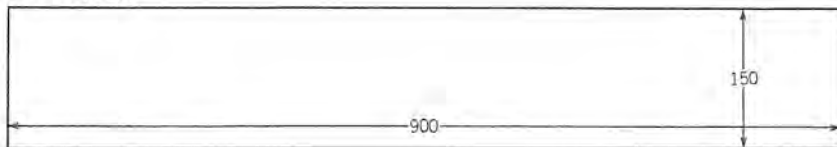
【参考】モノコードの作り方

①ベニヤ板や角材を次の寸法に切る

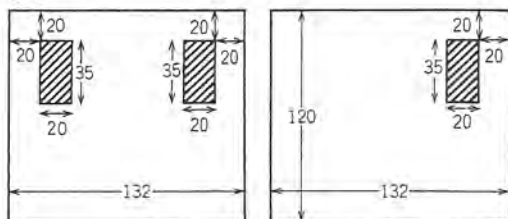
側板(2枚)



上・下板(2枚)

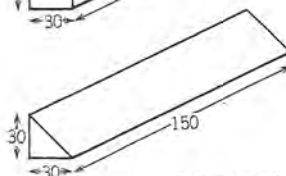
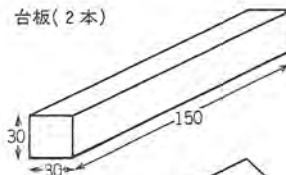


横板



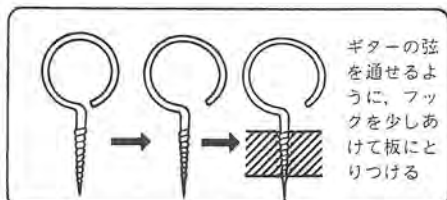
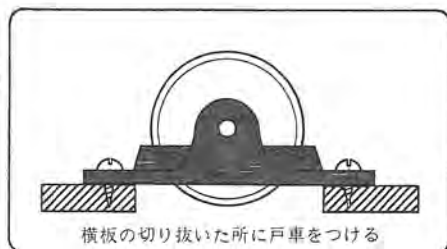
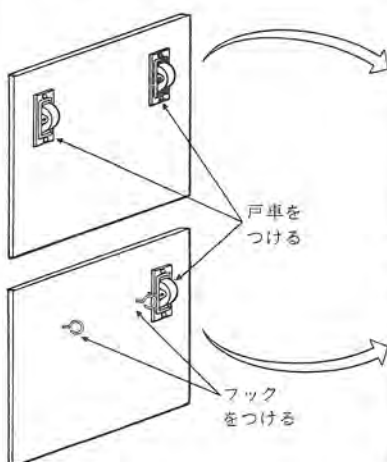
寸法の単位: mm
斜線部分は切り抜く所である

台板(2本)

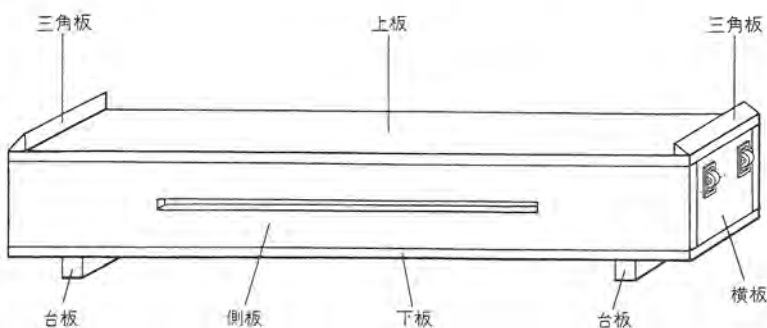


三角板(2本)

②横板に戸車とフックをとりつける



③組み立てる



【参考】モノコードの作り方

①留意点 ベニヤ板は、厚さ9mmぐらいのものがよい。

図の寸法は9mmの板を使用するときのもので、違う厚さの板を用いる場合は、厚みにより、横板の寸法(132mmの部分)を考慮する必要がある。

②留意点 フック(黄銅製)は、ギター用の金具の穴に合うような、小さいもの(太さ1mm)を用いる。



③留意点 側板、上・下板、横板を組み立てるときには、くぎを用いればよい。

三角板と台板をとりつけるときには、木工用ボンドを用いるとよい。

上板に1cm間隔のめもりをつけておくとよい。弦の長さを変えて実験するときには便利である。

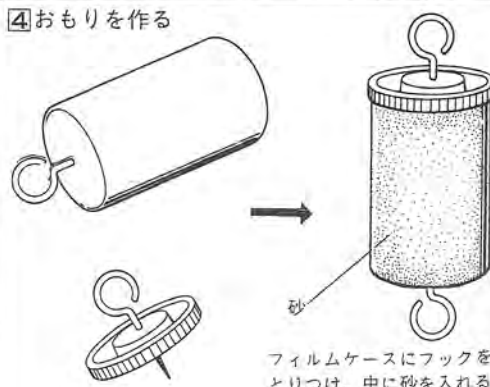
④留意点 フィルムケースの底とふたにフックをとりつけるときには、とりつける部分がそれぞれ中央になるようにする。

そして、とりつけた後、フックが抜けないように接着剤で固めておくことよい。

ケースの中に入れる砂は、水洗いして乾かしたものを用いる。

砂を入れたら、おもりの重さを測定し、ケースの側面にフェルトペンで記入しておくことよい。同じケースを使用すれば、重さはほとんど同じになる。

④おもりを作る





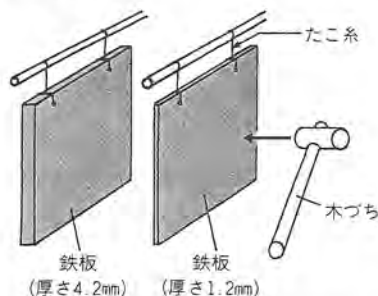
ねらい ① オシロスコープを使って、いろいろな音の波形を観察することができる。
オシロスコープによる波形の違いは、音色の違いによるものであることが調べられる。

鉄板^① ステンレスパイプ^② たこ糸 木づち 硬貨^③ 針金 オシロスコープ マイクロホン 物理用前置き増幅器 楽器^④

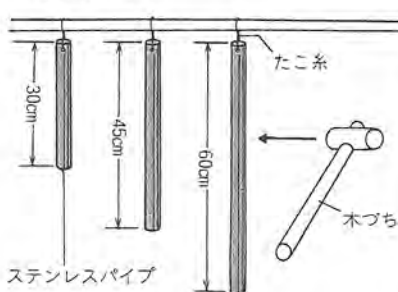
①厚さ4.2mm程度のものと1.2mm程度のもの。大きさは30×30cm程度のものがよい。②直径16mm程度で、長さが30cm、45cm、60cmのもの各1本。③材質が異なるもの。銅貨、白銅貨、銀貨など。④フルート、バイオリンなど、身近にあるいろいろなもの。

①発音体の厚さ、長さ、材質の違いによる音の違いを調べる

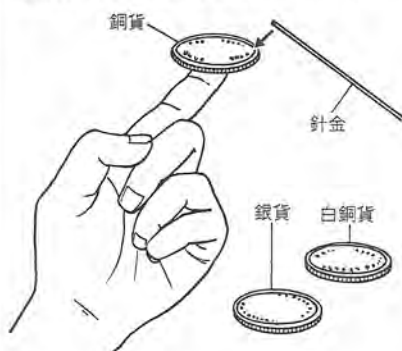
①面積が同じで、厚さの違う鉄板をたたいてみる



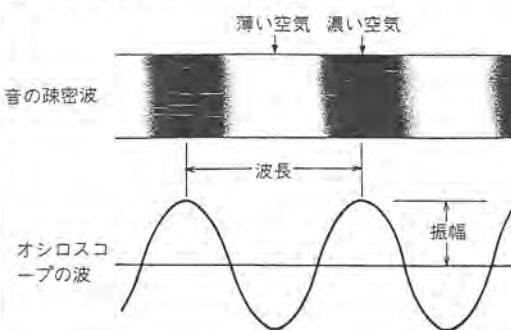
②太さが同じで、長さの違うパイプをたたいてみる



③材質の異なる硬貨をたたいてみる



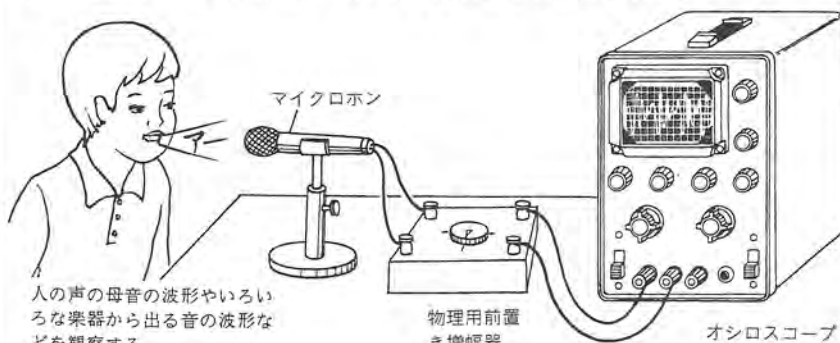
音の疎密波とオシロスコープの波



オシロスコープは、電気のはたらきによって音の疎密波を光の曲線(波)に変えるものである。この波から、音の強弱・高低・音色の違いなどを次のように読みとることができる。

- 波の幅(振幅)が音の強弱を表している
- 音の高低は振動数によって表されるわけだが、これは、一定時間にできる波の回数を意味している。したがって、波の山から山(または谷から谷)までの距離(波長)が音の高低を表していることになる
- それぞれの独特の波形が音色の違いを表している

②オシロスコープを使って、いろいろな音の音色の違いを調べる



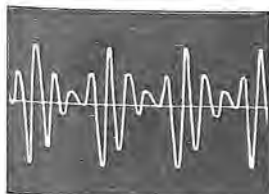
人の声の母音の波形やいろいろな楽器から出る音の波形などを観察する



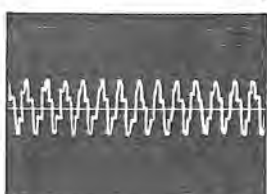
フルート



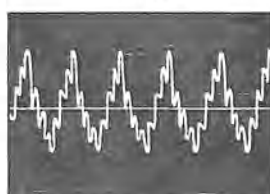
バイオリン



人が「ア」といったときの波形



フルートの波形



バイオリンの波形

き、オシロスコープとマイクロホンの間に、物理用前置き増幅器を入れるとよい(②の図を参照)。垂直入力感度を上げることができる。

②留意点 この実験を行う前に、高・低2種類の音を強くたいたり弱くたたいたりしたときの波の形を観察し、高・低の違いは波長の違いとなって表れること、強弱の違いは振幅の違いとなって表れることを確認しておくこと。

声や楽器の音の高さや強さが、できるだけ同じになるようにする。

解説 楽器の種類が異なれば、音の高さや強さが同じでも、どのような楽器から出ている音かを聞き分けることができる。これは、それぞれの音に特徴があるからである。この音の特徴を音色という。人の声で、その声の誰の声を聞き分けることができるのも、この音色が違うからである。

オシロスコープを使えば、この音色の違いは、波形の違いとなって表れる。そして、その波形は、それぞれ独特の形をしていることがわかる。

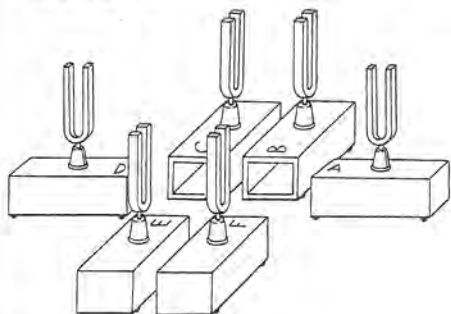


音さや気柱の共鳴について調べることができる。
共鳴が起こる条件を説明することができる。

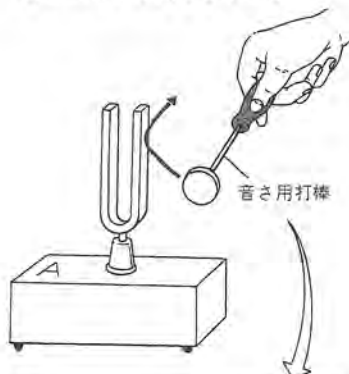
①振動数の等しいもの2個を1組とし、それを3組以上は必要である。②ゼムクリップでもよい。③200～300cm³程度のもを5本以上は必要である。④ないときは、直径2～3cmで長さが1mぐらいのガラス円筒、大型ろうと、ゴム管、スタンドで代用してもよい。

①音さと音さの共鳴について調べる

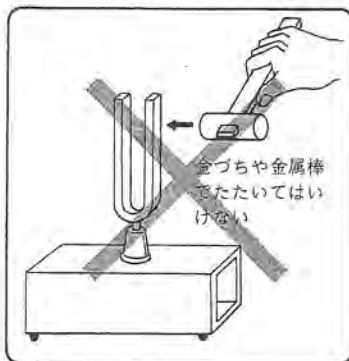
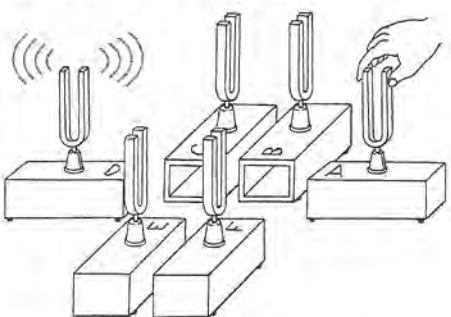
①振動数の等しい2個の音さ3組を向かい合わせて並べる



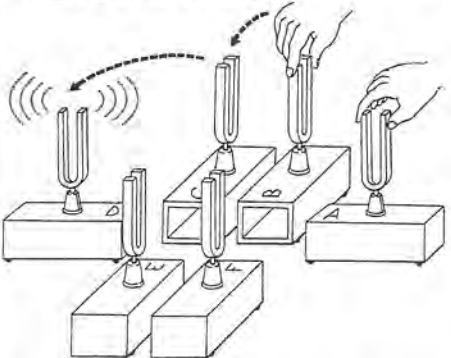
②Aの音さを鳴らしてみる



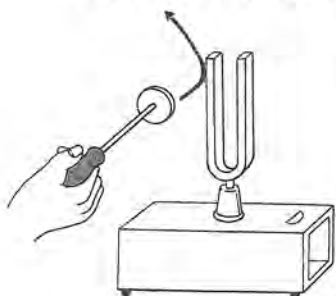
③Aの音さを手で止めてみる



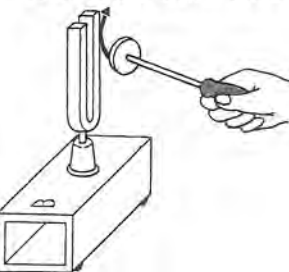
④A以外の音さを順番に触っていき、どの音さから音が出ているかを調べる



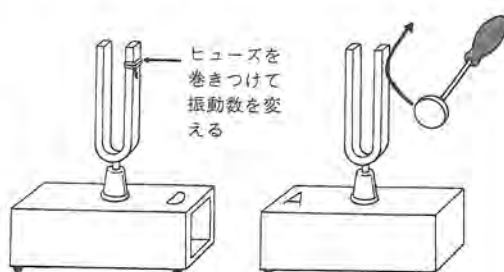
⑤Aに共鳴した音さを鳴らして③、④と同様の実験を行い、逆の場合についても調べてみる



⑥Aに共鳴しなかった音さについても②～⑤と同様の方法で共鳴する音さを探してみる



⑦共鳴音さを向かい合わせ、一方の音さの振動数を変えると共鳴しなくなることを確かめる



①①**留意点** 準備した音さには、あらかじめA～Fなどの記号を書いた紙などをはっておく。

音さを並べるときには、口を向き合わせ、互いに触れないようにする。また、音さ以外のものにも、触れないようにする。

②**注意** 音さを鳴らすときには、必ず専用の打棒を用いる。金づちや金属棒でたたいてはいけない。

③**解説** Aの音さを指で押さえて音を止めても、他の音さから音が出ていることがわかる。これが共鳴である。音の共振ともいえる。

④**解説** A以外の音さを順番に触っていくと、ある音さを触ったときに音が聞こえなくなる。そのとき押さえていた音さから音が出ていたことになる。つまり共鳴していたことになる。

留意点 順番に音さを触っていくとき、共鳴する音さが判明するまでは、音を出した音さから手を離さないようにする。音さの振動が完全に止まっていない場合、手を離すと音さが再び鳴り出すからである。手で押さえている代わりに、ワニ口クリップなどで挟んでおくと、音さを倒しておいてもよい。

音さを触っていく順番を逆にしたときについても調べて、結果が同じであることを確かめてみる。

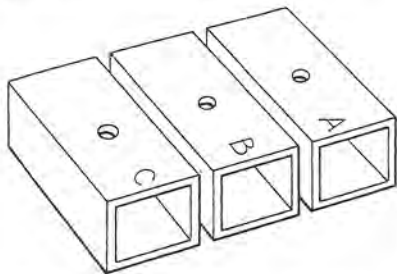
⑤**解説** Aに共鳴した音さを鳴らして、Aが共鳴するかどうかを調べることににより、共鳴の条件について考える材料にする。

⑥**解説** Aに共鳴しなかった音さについても、Aの場合と同様、共鳴する音さがあることを確かめる。

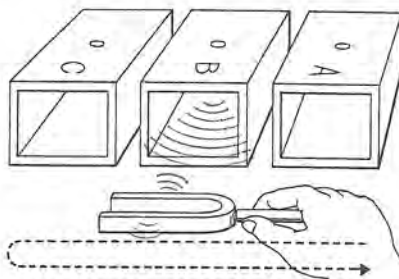
⑦**解説** 互いに共鳴し合う音さでも、一方の振動数を変えると共鳴しなくなることを確かめる。このことから、共鳴の条件がより鮮明になってくる。

留意点 音さの振動数を変えるとき、ヒューズの代わりにゼムクリップを巻きつけてもよい。

②音と共鳴箱の共鳴について調べる
①振動数の異なる共鳴箱を並べる

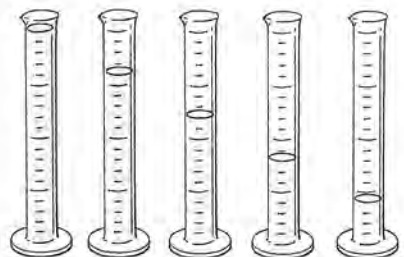


②音をたいて共鳴箱の前を往復させ、音が大きくなる箱を探す

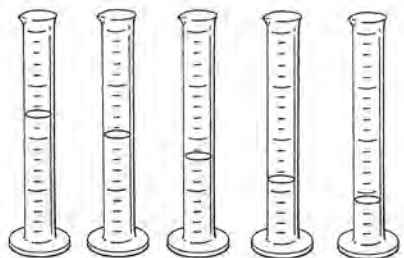


③音とメスシリンダーの気柱の共鳴について調べる。

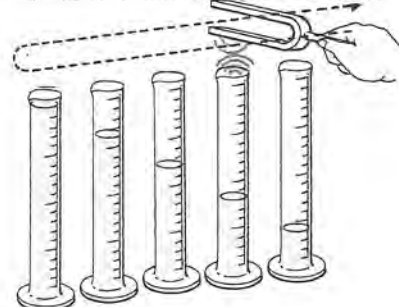
①5本のメスシリンダーに約40cm³間隔ぐらいに水を入れる



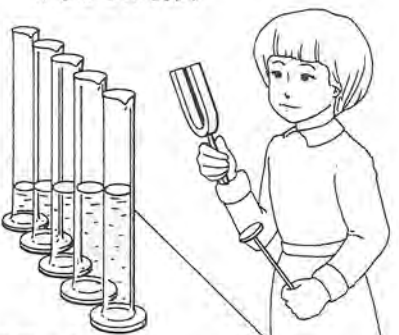
③音が大きくなったメスシリンダーの水の水位を中心に、水を約20cm間隔に入れる



②音をたいてメスシリンダーの上を往復させ、音が大きくなるものを探す

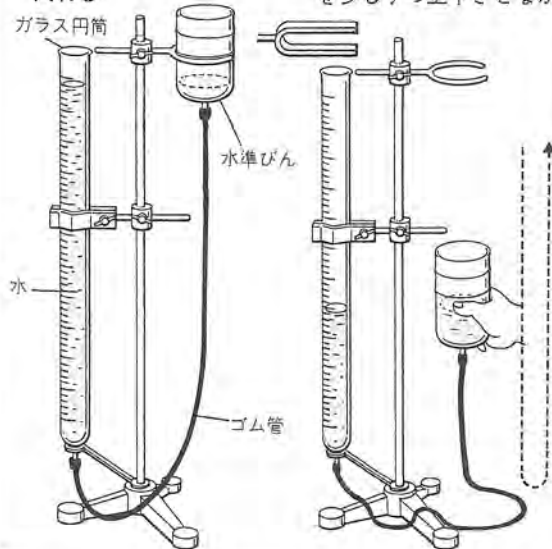


④音をたいて、②と同様、音が大きくなるものを探す

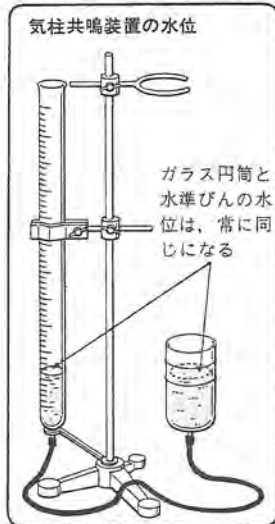


④音とガラス円筒の気柱の共鳴について調べる

①気柱共鳴装置に水を入れる



②音をたいてガラス管の上に持ってきて、水準びんを少しずつ上下させながら音が大きくなる所を探す



②①留意点 音を共鳴箱と別々にするときには、必ず印をつけて、戻すときに間違えないようにしておく。

共鳴箱を並べるときには、口の方をそろえ、互いに触れないようにする。

②解説 音を、音の振動数と同じ振動数の共鳴箱の前に持っていくと、音がもっとも大きくなる。これは、共鳴箱内の気柱が、音に共鳴したからである。

③①留意点 メスシリンダーは、200～300cm³程度のものを用いる。ここでは5本を使っているが、数は多いほうがよい。ただし、条件をそろえるため、できるだけ同じ容積のものを用いる。

水の量を約40cm³間隔とするのは、一応の目安である。メスシリンダーの容量や本数により多少異なる。要は階段状になればよいのである。

②解説 音がもっとも大きくなったとき、そのメスシリンダーの気柱が音にほぼ共鳴したといえる。ただし、この階段における気柱の長さは、かなり大雑把なので、さらに③④のような手順で詳しく調べる必要がある。

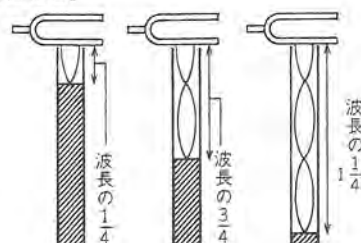
③留意点 水の量を約20cm³間隔とするのは、一応の目安である。要は、②で共鳴したときの水位を中心に、小刻みに階段状になればよいのである。

④①留意点 水準びんの下端がガラス円筒の上端あたりにくるように支持し、ガラス円筒がほぼいっぱいになるまで水を入れる。

②留意点 音が大きくなるのは1カ所だけではないこともある。何度か繰り返し、よく調べてみる。ただし、短いガラス円筒を使って装置を自作した場合は、1カ所しかないこともありうる。

解説 ガラス円筒内の水位を少しずつ変化させていくと、音が急に大きくなる所がある。これは、ガラス円筒内の気柱が、音に共鳴したからである。

参考 気柱の共鳴は、気柱の長さと言波の波長が下図の関係にあるときに起こる。円筒内の波形は、空気の縦波(疎密波)を横波でかき表したものである。円筒内の水位を変化させたとき、共鳴が起こる所が1カ所だけでないのもこの理由による。





ねらい ①

音が出ているとき、その物体は振動していることが確かめられる。

物体の振動と音の強弱・音の高低・音色の関係が調べられる。

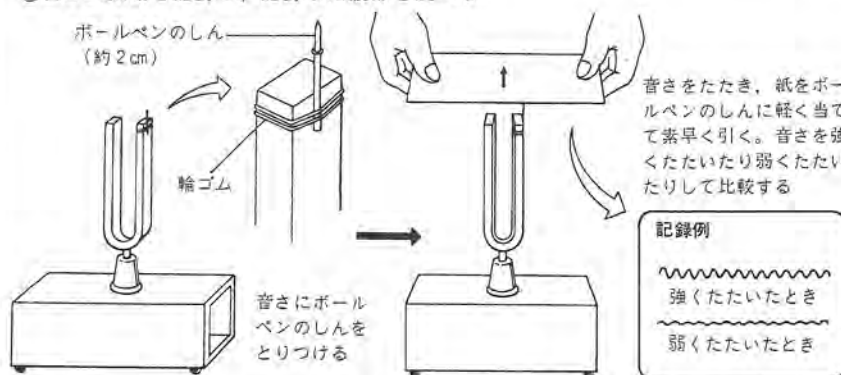
①フォームポリスチレンの破片でもよい。②なければ、角材にくぎを2カ所打ち、それに針金を張っても代用できる。③例えば、茶わん、コップ、なべ、木片、楽器など。

①音さの振動と音の強弱の関係を調べる

①音さをたたいて水面につけ、水面の様子を観察する

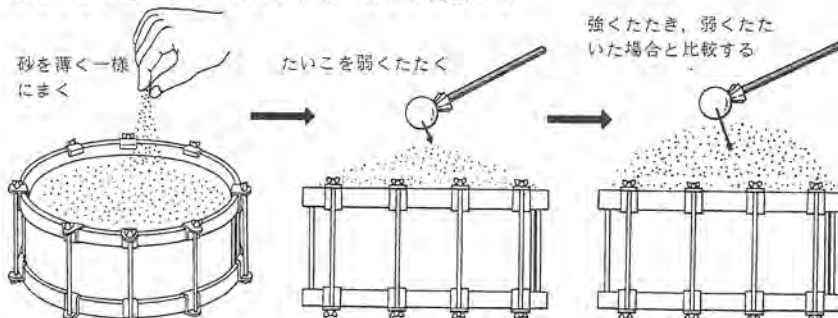


②音さの振動を記録し、記録した波形を調べる

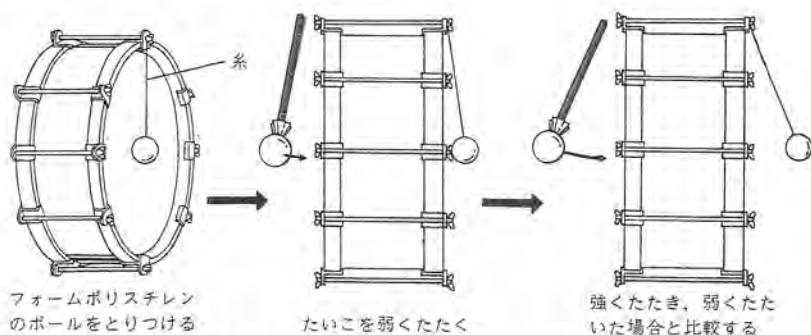


②たいこの振動と音の強弱の関係を調べる

①砂をまいたたいこをたたき、砂の動きを観察する



②ボールをとりつけたたいこをたたき、ボールの動きを観察する



①①留意点 音さは、共鳴箱からとりはずしたものをを用いる。

水を入れる容器は、洗面器など何を使ってもよいが、水が少しはねるので、水の量は半分ぐらいにする。

音さをたたくときには、必ず音さ専用のたたき棒を用いる。金づちや金属棒を使用してはいけない。

音さを水面に入れるときには、先端部を少しだけ入れるようにする。

解説 弱くたたいたときには水面に小さな波ができ、強くたたいたときには水面が激しく波打って水滴が飛び散る。

②留意点 ボールペンのしんは、再使用できなくなるので、インキがほとんど残っていないものでよい。軸からとり出して、ボールの先端から2cmぐらいの長さに切りとって用いる。しんは、できるだけ軽くしたほうがよい。

しんを音さにとりつけるときには、しんが音さの上端から0.5~1cmぐらい出るようにする。しんを音さの上端より出せば出すほど振動を拡大して記録することができるが、音さが振動しにくくなるので、実験によって適度な出しぐあいを決めるとよい。しんを固定するための輪ゴムは1本でよい。

参考 ボールペンのしんによっては、上向きにすると、インキが出にくくなる場合がある。うまくいかないときには、装置を工夫してみる。

解説 強くたたいたときには、振れ幅の大きな波が記録され、弱くたたいたときには、振れ幅の小さな波が記録される。この実験は操作が難しいので、きれいな記録をとるためには、練習を要する。

②①留意点 砂は、目でははっきりと見える程度の粗さのもので、乾いたものを用いる。

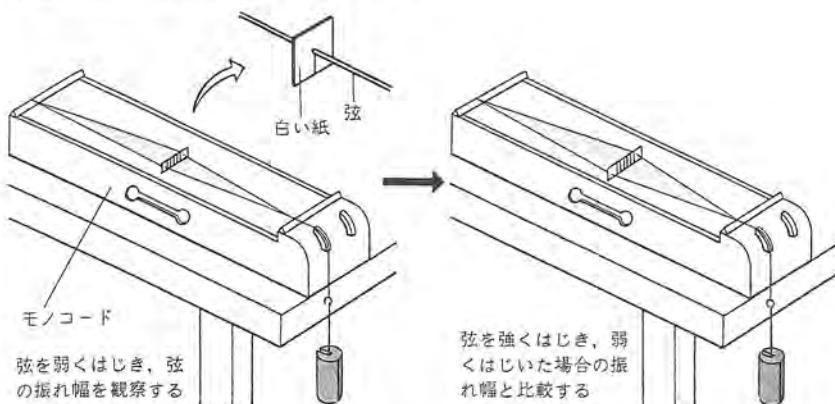
解説 弱くたたいたときには砂が低く跳ね、強くたたいたときには砂が高く跳ねる。

②留意点 フォームポリスチレンのボールがないときには、フォームポリスチレンの破片でよい。

ボールを糸でつるすときには、ボールがたいこに軽く触れるようにする。

解説 弱くたたいたときには、ボールが小さく跳ね、強くたたいたときには、ボールが大きく跳ねる。

③弦の振動と音の強弱の関係を調べる



③(留意点) 弦は強く張る。強く張らないと音がよく出ない。調節ねじを巻きこむ型式のモノコードは、適度な強さになるまでねじを巻きこむ。

観察しやすくするため、弦の中央に1cm角の紙に切りこみを入れたものを差しこんでおくとよい。弦の下に白い紙をはっておいてもよい。

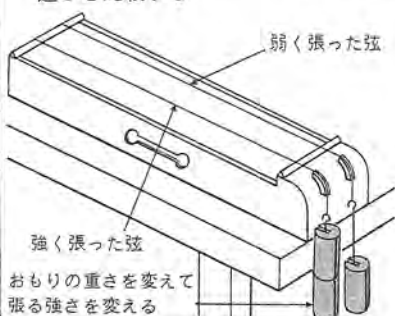
弦をはじくときには、定規の端のようなもので、弦の中央部をはじく。

注意 弦を張るときのおもりはkg単位のものを使うので、足などの上に落とさないように取り扱いに注意する。

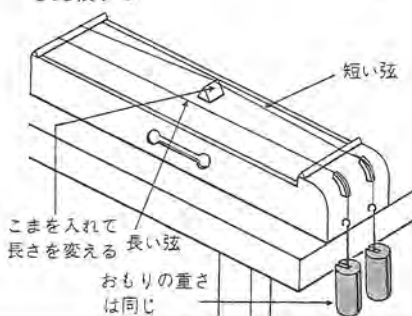
解説 弱くはじいたときには弦の振れ幅が

④弦の振動と音の高低の関係を調べる

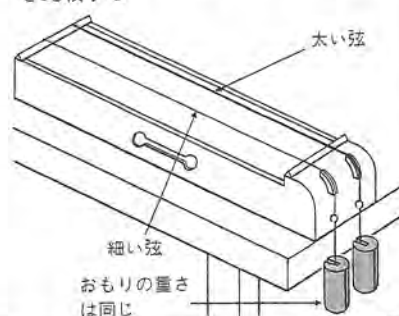
①張る強さの違う弦をはじき、弦が動く速さを比較する



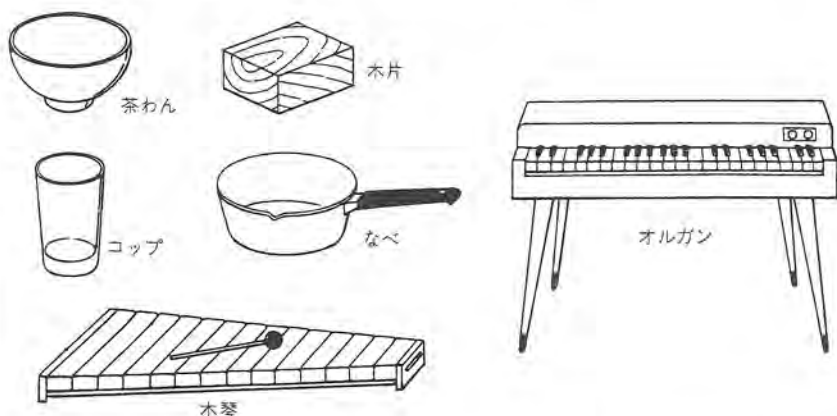
②長さの違う弦をはじき、弦が動く速さを比較する



③太さの違う弦をはじき、弦が動く速さを比較する



⑤いろいろな物体の特有な音と振動の関係を調べる



小さくなり、強くはじいたときには振れ幅が大きくなる。

④(留意点) できるだけ実験条件をそろえるため、弦をはじくときには、同じ強さではじくようにする。

解説 ①では、弱く張った弦よりも強く張った弦のほうが動きが速い。

②では、長い弦よりも短い弦のほうが動きが速い。

③では、太い弦よりも細い弦のほうが動きが速い。

⑤(留意点) オシロスコープの操作法については167を参照。

解説 いろいろな物体から出る音の波形をオシロスコープで見ると、それぞれ特有な形をしていることがわかる。

結果 ①～⑤の実験から次のことがわかる。

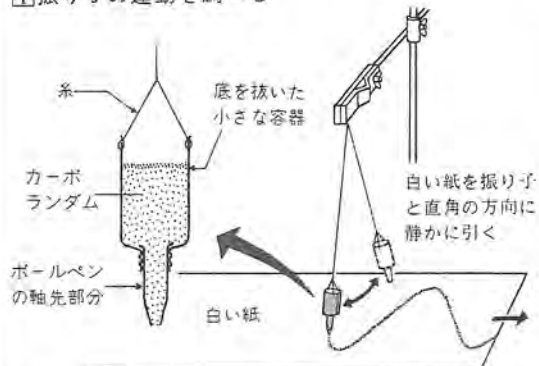
- 音が出ているとき、その物体は振動している
- 音の強弱は、振動の振れ幅(振幅)に関係している。そして振幅が大きいほど音が強くなる
- 音の高低は、振動の速さに関係している。そして速く振動するほど音は高くなる
- いろいろな物体から出る特有な音(音色)は、音の波形に関係している



振り子のおもりの変位は、時間を横軸にとると、きれいな曲線を描いていることが調べられる。振り子の速度が両端で0になり、中心でもっとも速くなることや、振動の周期がおもりの質量には関係なく、長さだけで決まることが調べられる。

①白の修正液の空き容器とボールペンの軸先部分などで自作したもの(①参照)と、ろうと(直径15cm)とガラス管(直径6mm)で自作したもの(②参照)③透明アクリル板などで自作したもの(③参照)③長さが等しく、おもりの質量が異なるものと、長さが異なり、おもりの質量が等しいもの。

①振り子の運動を調べる



記録の保存



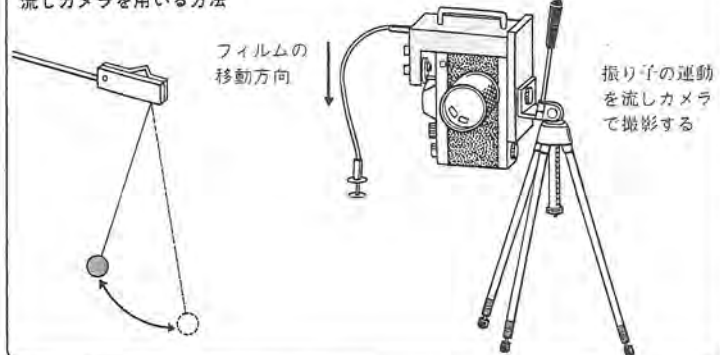
カラスプレーで一様に着色し、後でカーボランダムをとり除けば、曲線が白い跡として残る

①解説 振り子の運動が時間的にきれいな曲線(正弦曲線)を描いていることを、まず調べる。

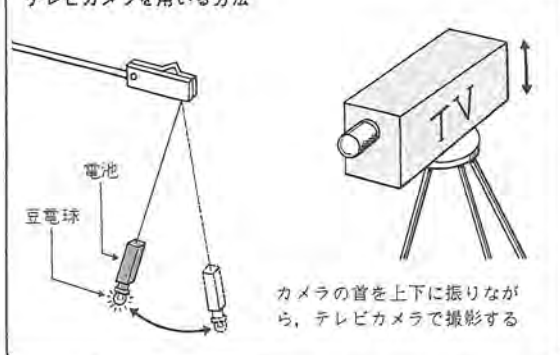
留意点 おもりは、適当な容器を用い、図のように自作する。これを糸でつるし、振り子とする。

参考 流しカメラ装置がテレビカメラがあれば、それらを用いて調べることもできる。テレビカメラを用いる場合は、振り子のおもりを、電池と豆電球で図のように作り、部屋を暗くして行くと特に効果的である。

流しカメラを用いる方法

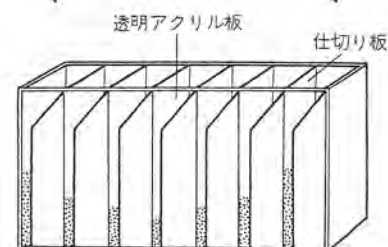
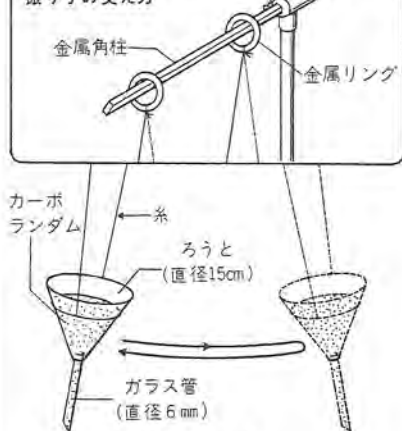


テレビカメラを用いる方法



②振り子の運動の速さを調べる

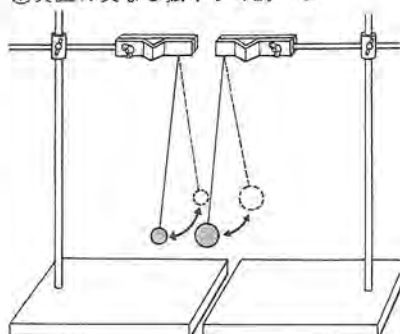
振り子の支え方



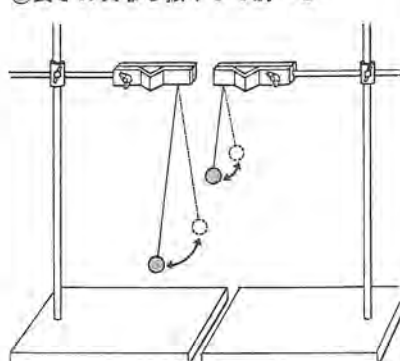
砂を詰めたろうとを1往復させ、図のような砂受けに落ちた砂の量を観察する

③振り子の周期を調べる

①質量の異なる振り子で調べる



②長さの異なる振り子で調べる



②解説 振り子の運動は、両端では止まり、中央でもっとも速いことを調べる。

留意点 おもりは、ろうととガラス管で図のように自作する。

ろうとに詰める砂は、適当な粒度のものがなければならない。カーボランダムのNa80を使うとよい。

振り子は、1m程度の2本の糸でつるす。減衰を小さくするため、糸の先端は金属リングに結びつけ、リングが金属角柱の角に接触するようにつるす。

砂受けは、図のようなものを工夫して作る。ろうと内の砂の量を考慮して大きさや形状を決める必要がある。

③解説 質量が異なり、長さが等しい振り子を同時に振り、振動の周期を比較する。また、質量が等しく、長さが異なる振り子についても、同様に比較する。長さの比が1:4のものを用いると、周期の比は1:2になる

留意点 ①、②以外にも、次のような実験もしてみるとよい。

質量と長さが等しい振り子を用意し、振幅を変えて振ったときの周期を比較する。



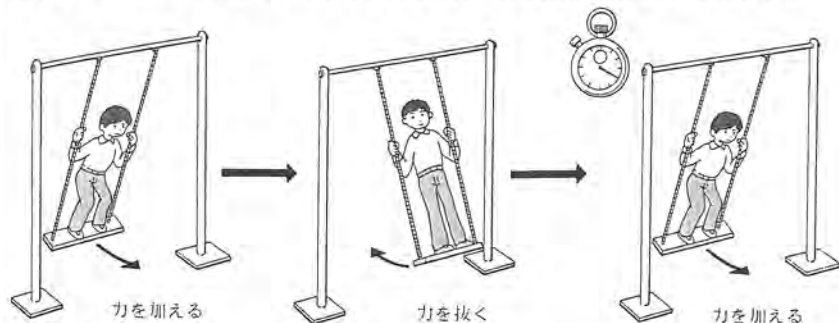
ねらい ③

振り子の共振が起こる条件を、実験によって確かめることができる。

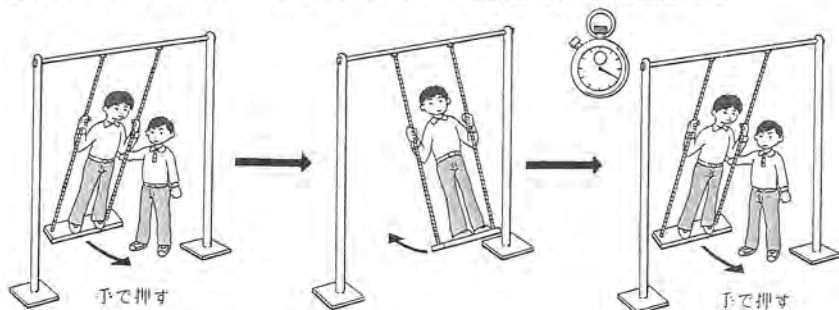
振り子の長さによって、共振する振動数に違いがあることを、実験によって確かめることができる。

①ブランコに加える力と共振の関係について調べる

①ブランコの振りを大きくするように力を加え、力を加える時間間隔を測定する



②ブランコが下がり始めるときに手で押し、手で押す時間間隔を測定する

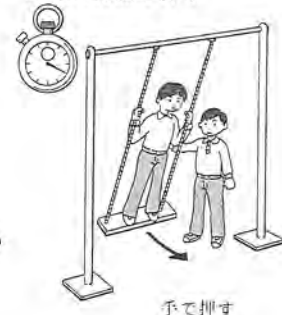


③太った人を乗せて、①と同様の実験を行う



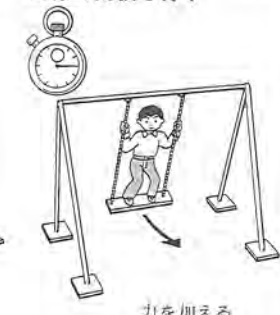
力を加える

④太った人を乗せて、②と同様の実験を行う



手で押す

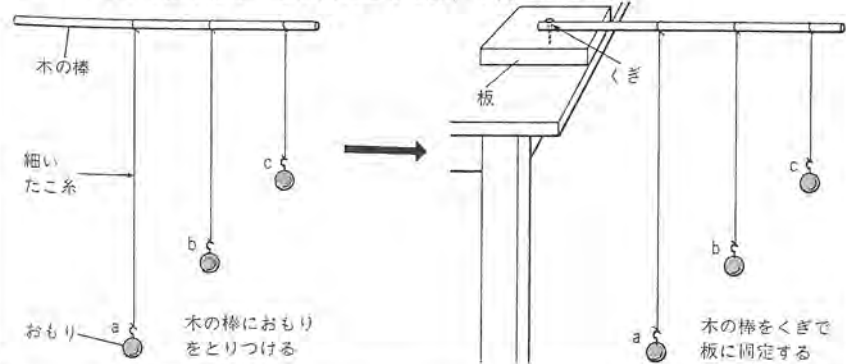
⑤違う所のブランコで、①と同様の実験を行う



力を加える

②振り子に加える力と共振の関係について調べる

①長さの異なる振り子a～cを棒にとりつけ、支点を固定する



木の棒におもり
をとりつける

木の棒をくぎで
板に固定する

①留意点 実験は、3～4人のグループで行うとよい。そして、ブランコに乗る人、後ろから押す人、力を加える回数を読みあげる人、計時係というふうに役割を分担して実験を行う。

計時にはストップウォッチを用いたほうがよいが、脈を利用してもよい。

力を加える時間間隔(周期)を測定するとき、力を加えたときから次に力を加えるときまでの1回だけの時間を測定するのは困難である。しかも誤差が大きい。したがって、10回または20回というようにまとめて時間を測定し、それを比べるようにするとよい。

②や④のように手で押すときには、ブランコが下がり始めるときか、最下部にきたときかの、どちらかに決めておく。そして往復の都度、押すのではなく、片道だけ押すようにする。つまり、いつも背中だけ押すのである。

⑤で、違う所のブランコというのは、長さの違うブランコという意味である。したがって、手軽にブランコを作ることができれば、それを使って長さを変えて行えばよい。

注意 ブランコを作って実験するときには丈夫な綱を使って、ほどけないように縛り、安全には十分に気をつける。

ブランコは、あまり大振りしないようにする。危険である。

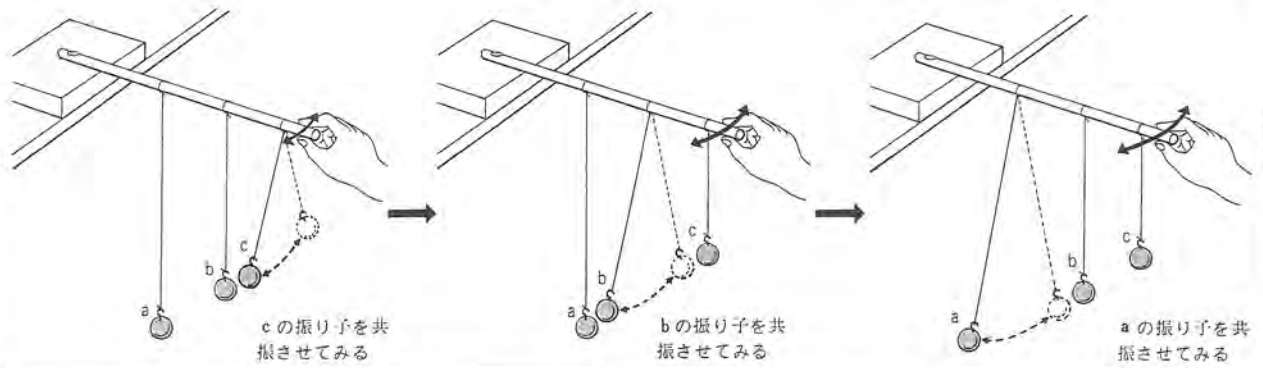
解説 ブランコや振り子は、ある決まった時間間隔で力を加えると、振動が大きくなる。ブランコや振り子の長さが違うと加える力の時間間隔も変化する。しかし、ブランコに重い人が乗っても、加える力は大きくなるが、加える力の時間間隔は変わらない。

②留意点 振り子をとりにつけた棒の一端を固定する方法として、ここでは、くぎを打ちつけて板に固定してあるが、必ずしもこの方法にこだわる必要はない。板にくぎを打って、糸や針金などで縛ってもよいし、簡単には、重い本などを載せておくだけでもよい。

棒を左右に振るときには、最初小刻みに、そして、しだいに大振りに動かすようにする。このとき、手を動かすリズムと、振り子の揺れをよく観察しておく。

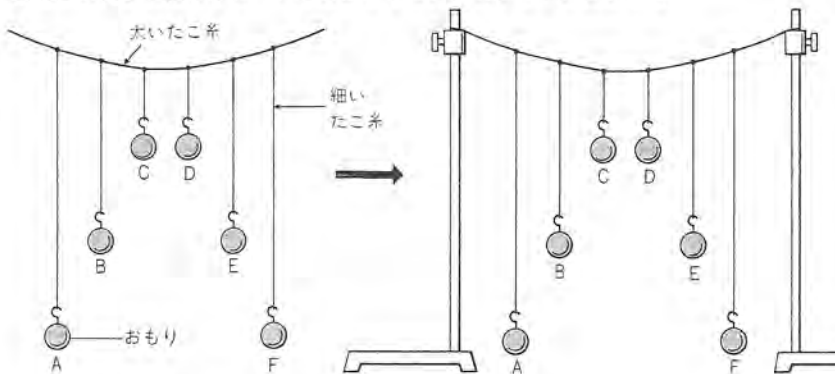
1つの振り子の振れがだんだん大きくなっていくとき、他の2つの振り子の振れ

②棒の一端を手で動かし、それぞれの振り子を共振させてみる

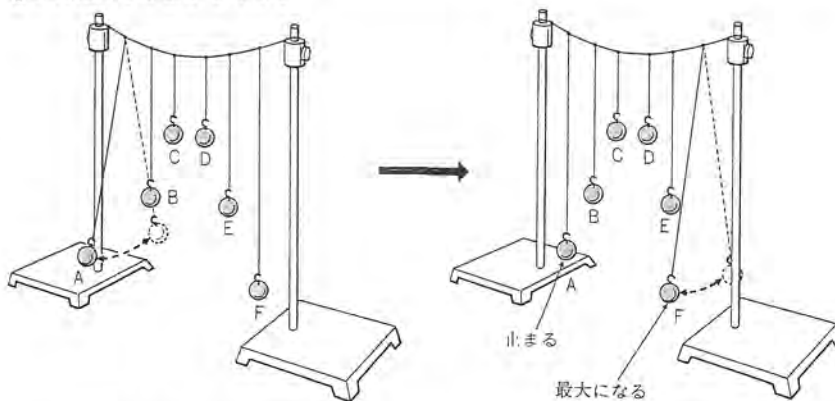


③糸の長さが同じ振り子の共振について調べる

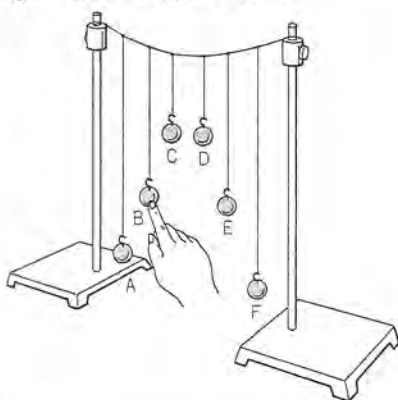
①長さの異なる振り子A～Fを糸にとりつけ、スタンドに固定する



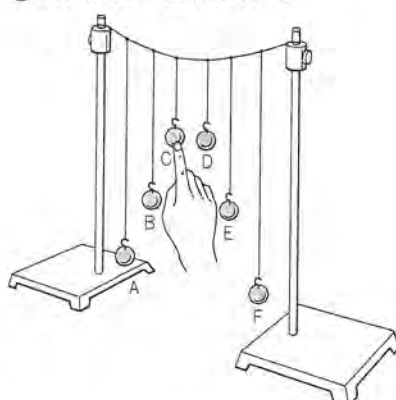
②Aの振り子を動かしてみる



③Bの振り子を動かしてみる



④Cの振り子を動かしてみる



がどのようになっていくかを、よく観察しておく。

棒の動かしか方によっては、すべての振り子と同時に振れるようになるかどうかについても調べてみるとよい。

手を動かすとき、大振りして、振り子をくるくる回転させたりしないようにする。

解説 長さの異なる3つの振り子をつけた棒の一端を動かすと、1つの振り子の振れが大きくなれば、他の2つは止まったり動いたりして不規則な動き方しかない。そして、同時に3つの振り子を大きく振動させることはできない。

③留意点 おもりは、重さと体積が等しいものを用いる。

振り子の糸の長さが、AとF、BとE、CとDがそれぞれ同じになるようにする。おもりの大きさ(体積)が違う場合は、おもりの中心部までの長さを振り子の長さとする。

A(またはB、C)の振り子を動かしたとき、他の振り子の動きをよく観察する。時間に伴う変化についても見ておく。

解説 Aの振り子を動かすと、Aと同じ長さの振り子Fが動き始める。しばらくするとAは止まり、Fの振れ幅が最大になる。次に、再びAが動き始め、しばらくするとFが止まる。これを交互に繰り返す。この間、B、C、D、Eは動かない。同様に、Bを動かしたときはEだけが動き、Cを動かしたときはDだけが動く。

参考 振り子が揺れるとき、その1往復を1振動といい、1秒間の振動の回数を振動数という。振動数が等しい振り子の間で共振が起こる。このように、振り子はそれぞれ特有の振動数(固有振動数という)を持っており、この振動数は、振り子の長さに関係する。

音の共振のことを、特に共鳴という。

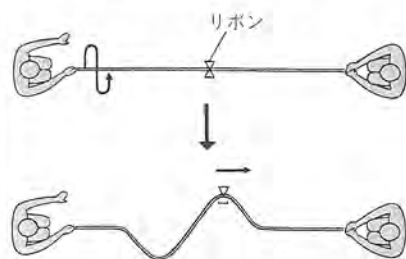


ねらい 図 波が伝わる時の原理を理解することができる。
横波と縦波の違いを理解することができる。

ロープ 教材用平巻きばね(スリンキー) レーリー
のすだれ¹ リボン

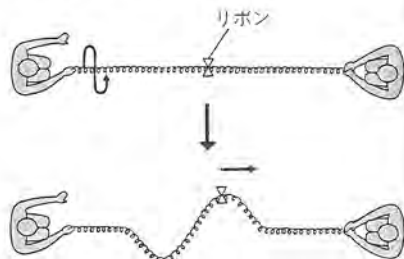
①割りばし、ビニルテープ、おもり、糸で作できる

①ロープを左右に振ってみる



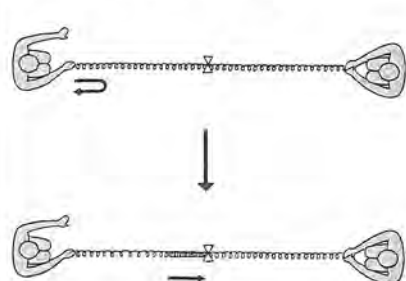
ロープの一端を固定し、他端を左右に1回だけ振って、波の伝わり方を観察する

②ばねを左右に振ってみる



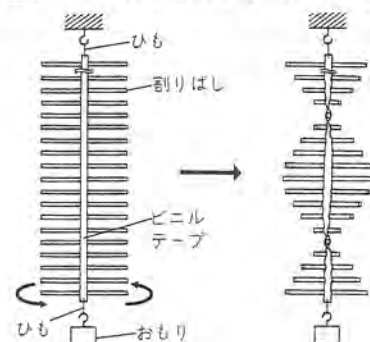
平巻きばねを使って、①と同様の方法で波の伝わり方を観察する

③ばねを前後に振ってみる



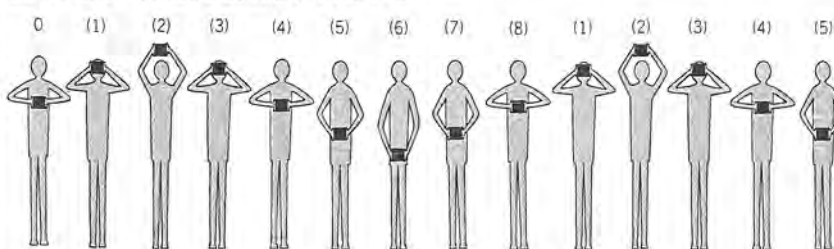
平巻きばねの一端を今度は、前後に1回だけ振って、波の伝わり方を観察する

④レーリーのすだれを使って調べる



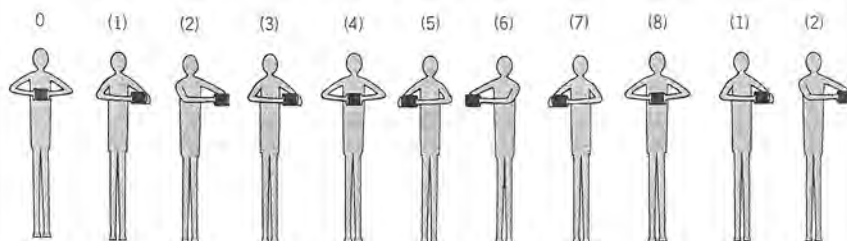
レーリーのすだれを作り、下端の割りばしを素早くひねって波の伝わり方を観察する

⑤人の動作で横波を表現し、観察する



生徒を1列横隊に並べて、各人に教科書などを胸の高さに持たせる。この胸の高さを0位置とし、端の生徒から順に1テンポずつ遅らせながら、顔(1)、頭(2)、顔(3)、胸(4)、腹(5)、腿(6)、腹(7)、胸(8)の8動作を1周期として繰り返し、教科書の動きを観察する

⑥人の動作で縦波を表現し、観察する



⑤と同様、図のような8動作を1周期として繰り返し、教科書の動きを観察する

留意点 次の①～⑥のように、いろいろな方法で波の伝わり方を観察し、「それらに共通しているのは何か」を考えてみるとよい。

① **留意点** ロープの長さは、4～8m程度がよい。

実験は2人1組で、できるだけ滑らかな床の上で行う(②、③も同様)。

ロープの途中に、リボンなどの目印をつけ、その動きもよく観察しておく(②、③も同様)。

② **留意点** 平巻きばねを2～10m程度に伸ばして行う(③も同様)。

③ **留意点** 伝わっていく波の様子を②の場合と比較し、どこが違うか(横波と縦波の違い)をよく観察する。

④ **留意点** レーリーのすだれは、簡単に自作できる。30～50本の割りばしを図のようにビニルテープで等間隔(約2cm)にはりつけ、一端を天井などに固定し、他端におもりをつり下げればよい。

ビニルテープの代わりにダイモテープを使ったり、割りばしの両端に画びょうをつけて割りばしの質量を変えたりし、波の伝わる速さの変化を観察するとよい。

⑤ **留意点** 生徒を2つのグループに分けて行うとよい。それぞれのグループは、互いに相手方のグループ全体を見渡せるだけの距離をあけて向き合って並び、手を動かす側と観察する側に分かれて交代で行う。

また、手を動かすときには、観察する側のグループは手拍子などで合図してやるようにする(⑥も同様)。

結果 波とは、媒質の振動状態が次々に隣に伝わっていく現象で、媒質自身は移動していくのではないことがわかる。

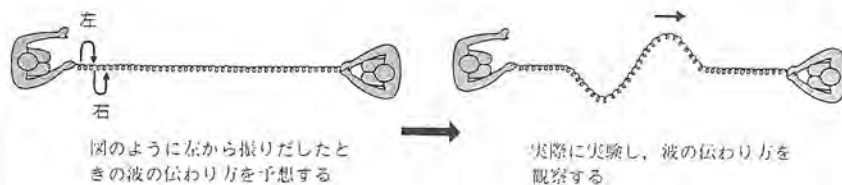
横波と縦波の違いがわかる。

参考 ウェーブマシンがあれば、①～⑥だけでなく、それらも使ってみるとよい。マシンの一端を上下に1往復させ、波の伝わる様子を観察する。



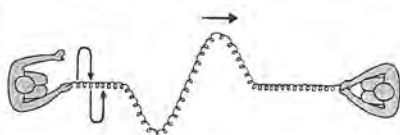
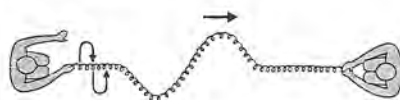
波と振動のグラフの区別を明確にすることができる。
波の伝わる速さが何によって変わるかが確かめられる。
自由端と固定端による反射の違いが確かめられる。

①ばねの一端を左右に振り、波の伝わり方を観察する

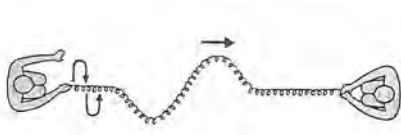
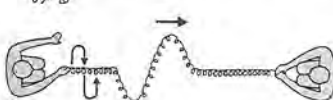


②波の進む速さを調べる

①振幅を変えて比較してみる

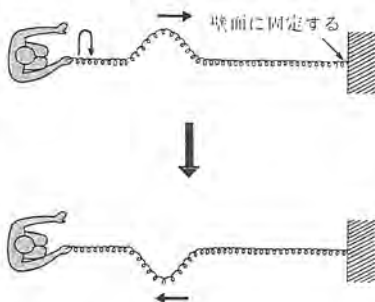


②ばねの引き伸ばし方を変えて比較してみる

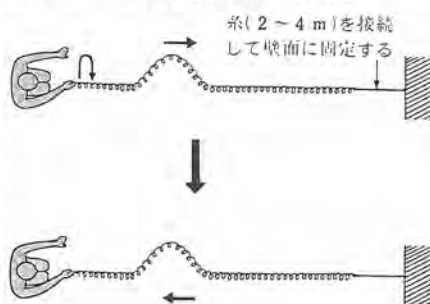


③反射してくる波を観察する

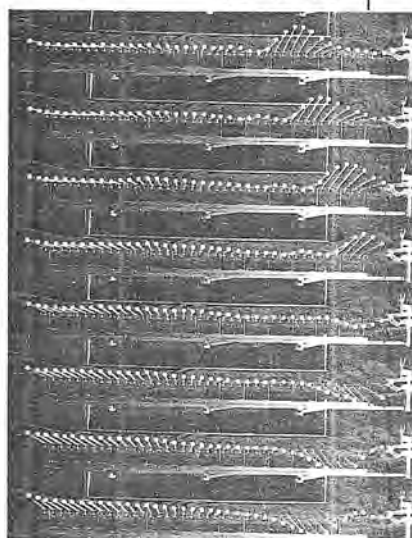
①一端を固定した場合



②ばねの一端に糸を結びつけた場合

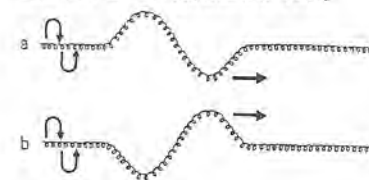


ウェーブマシン



固定端の反射

①留意点 波の伝わり方を生徒に予想させると、次の2つの意見に分かれる。



a という答えが意外と多いが、これは無意識に横軸を時間軸にとっているからである。この点をここで十分注意しておく必要がある。

②留意点 条件の異なるものを2本並べて比較しても、また、一定の距離を通過する時間をはかって比較してもよい。

さらに、強さの異なるばねがあれば、それで波の伝わる速さを比較するのもよい。

③留意点 どのような波が反射してくるかを予想してから実験を行うとよい。

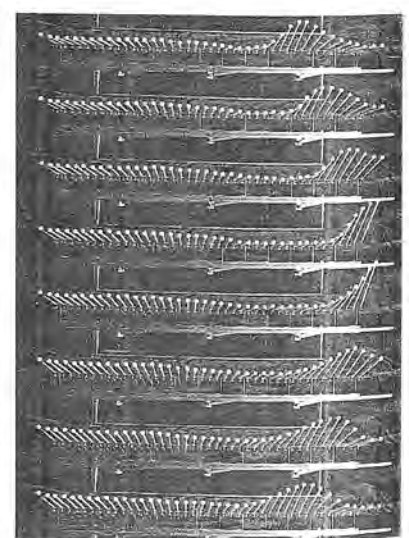
また、この場合には、半波長分のパルス波を使うとよい。

②では、糸の長さは2~4mは必要である。

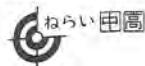
解説 ①のように固定端では、山のパルス波は谷のパルス波になって反射される。

②の自由端（一端が自由に動くことのできる端を自由端という）では、山のパルス波は山のパルス波のまま反射される。

参考 ウェーブマシンがあれば、それを使って反射してくる波を観察するのもよい。



自由端の反射



波の衝突における独立性や重ね合わせについて調べることができる。

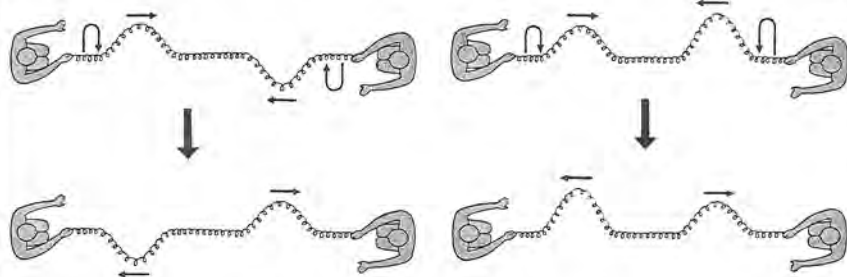
弦の定常波を観察することができる。

①振動式記録タイマーでもよい。その場合、糸、おもり、滑車も用意する。

①ばねの両端から同時に波を送り、2つの波がどのように進むかを調べる

①反対向きのパルス波を送ってみる

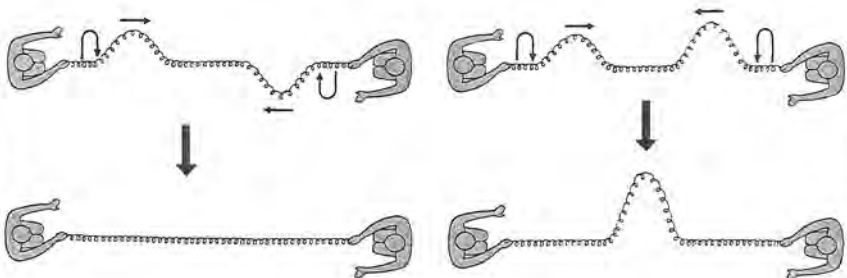
②同じ向きで振幅の違うパルス波を送ってみる



②①で2つの波が出会ったとき、媒質がどのような動きをするかを調べる

①反対向きのパルス波の場合

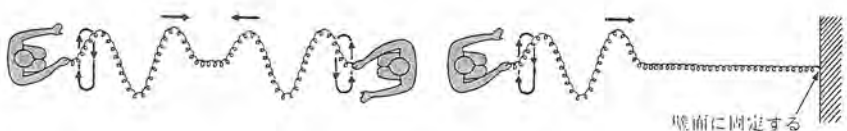
②同じ向きで振幅の違うパルス波の場合



③ばねで定常波を作ってみる

①両端から同時に連続的に波を送り、うまく調子を合わせて作る

②一端を固定し、他端から連続的に波を送って作る



留意点 平巻きばねは、滑らかな床の上で、8 m程度に伸ばして用いる。

実験はすべて、結果を予想してから行うとよい。

① **留意点** 実験後、波の衝突において、もし波に独立性がなかったら、どのようなことが起こるかを考えてみるとよい。

例えば、波に独立性がないため、互いにぶつかり合ったとき、反射してしまったり、消えてしまったり、変化してしまったりすると考える。この考えに従えば、声も音波であるから、人は同時に話ができなくなるはずである、という具合に考えを発展させる。

② **留意点** ばねを操作するもの以外は、波が出会うあたりで観察すると効果的である。

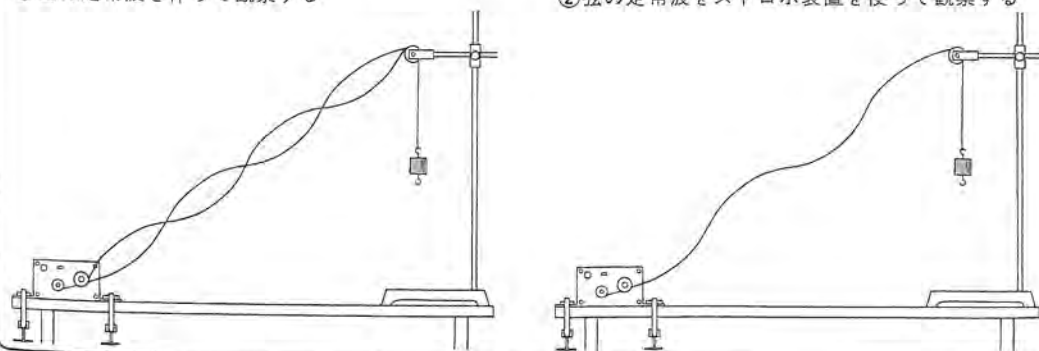
③ **留意点** ある特定の振り方(振動数)で定常波ができることを感覚的にとらえるようにする。

④ **留意点** 弦の定常波実験装置の代わりに、振動式記録タイマーを利用してもよい。そのときには、タイマーの振動片に糸の一端を結びつけ、他端にはおもりをつけて滑車にかける。そして、タイマーのスイッチを入れて糸を振動させ、滑車の位置を調節して定常波を作る。ストロボ光を照射するときには、定常波が静止したりスローモーションに見えるように、ストロボの発光間隔を調節して観察する。

④弦の定常波実験装置で定常波を作り、定常波を観察する

①弦の定常波を作って観察する

②弦の定常波をストロボ装置を使って観察する





いろいろな波の定常波を観察することにより、波に興味を持つことができる

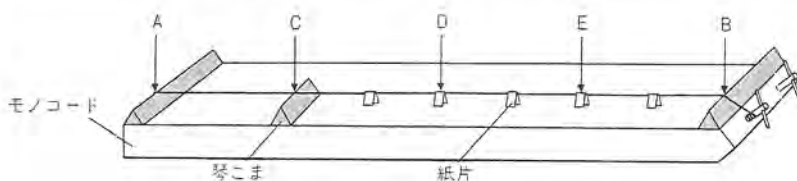
モノコード 紙片 つる巻きばね スピーカー 低周波発振器 スタンド セロハンテープ 水波投影装置 可変抵抗器 直流電源 反射板 気柱共鳴装置¹ コルク粉末 鉄製フレーム² 水槽³ 中性洗剤⁴ グリセリン

①ガラス管、スピーカー、ピストンにより構成されているもの。
②直径6mmの鉄棒で作ったもの。鉄工所などに頼むとよい。
③タン板などを折り曲げて自作するとよい。
④界面活性剤の多く入っているもの（成分表に書いてある）。例えば、ママレモンなど。

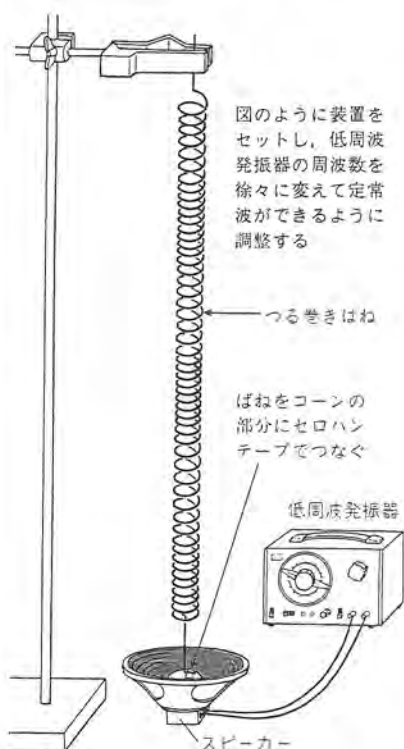
①モノコードの定常波を観察する

下図において、モノコードの弦A Bを4等分し、C、D、Eを定める。Cには琴こまを置き、DとEならびにC B間の適当な部分にV字形に折

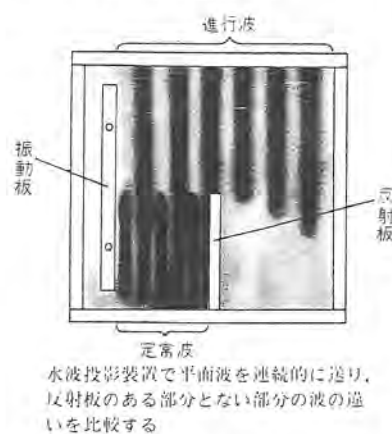
った小紙片をかける。準備ができたら、Cの部分の指の先で軽く押さえ、A Cのまん中あたりを指ではじいて、弦や紙片の動きを観察する



②縦波の定常波を観察する



③水波の定常波を観察する



②留意点 定常波を作るには、低周波発振器の周波数を固定し、スタンドの高さを調節してばねの張力を変える方法もある。

③留意点 反射板は、水槽の幅の半分程度のもので観察しやすい。

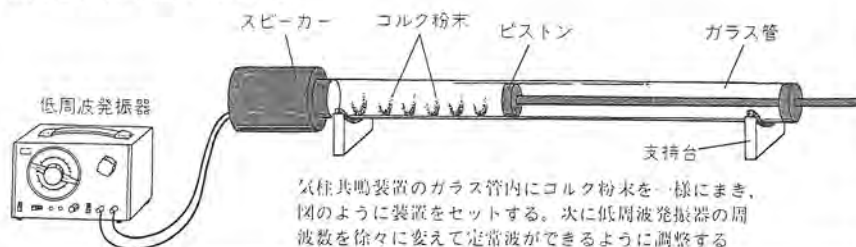
水波投影装置の原理や基本的操作法については128を参照。

④留意点 コルク粉末は、コルク栓をヤスリで削った程度の、粒がある程度大きいもので、乾いたものがよい。

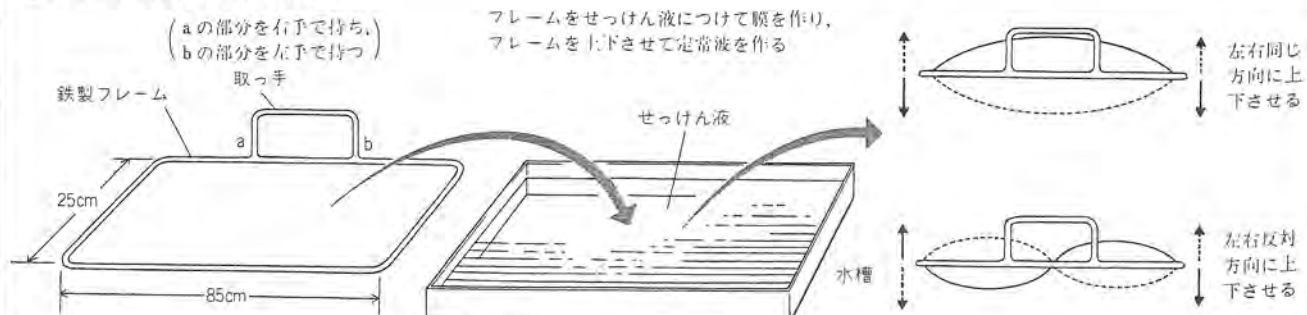
ガラス管をOHP上に載せて行くと、全員で見ることができる。

⑤留意点 せっけん液は、中性洗剤を8倍程度に薄め(洗剤1容に対して水7容)、グリセリン少量を加えて作る。空気が乾燥しているときは、せっけん膜の寿命が短くなり、うまくいかないこともある。なるべく湿度の高いときに行ったほうがよい。

④音波の定常波を観察する



⑤せっけん膜の定常波を観察する

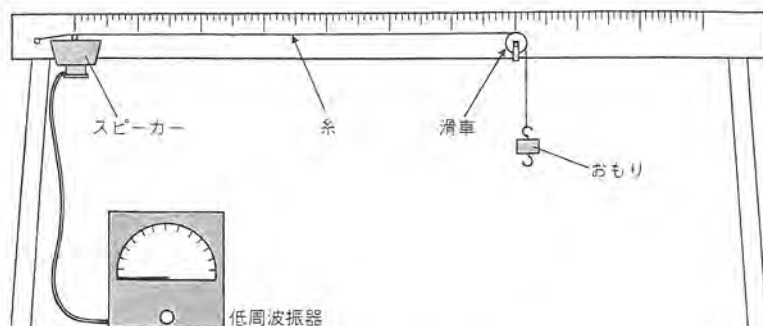




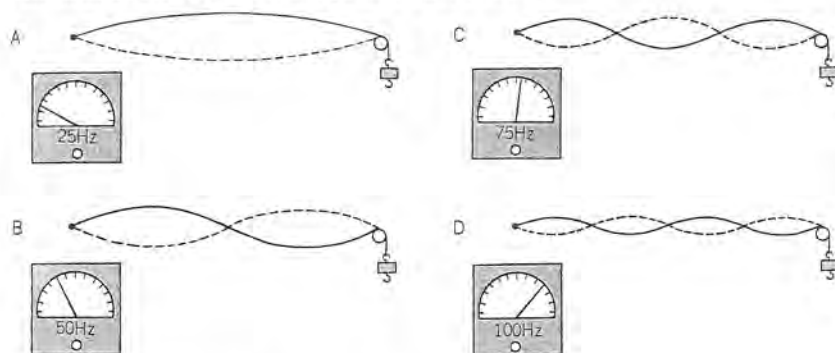
わらい 高

弦は、ある特定の振動数（固有振動数）で振動させると、大きく振動することが調べられる。弦の固有振動数は1つではなく、基本振動数とその整数倍のものがあることや、弦の固有振動数と弦の張力・太さとの関係を調べることができる。

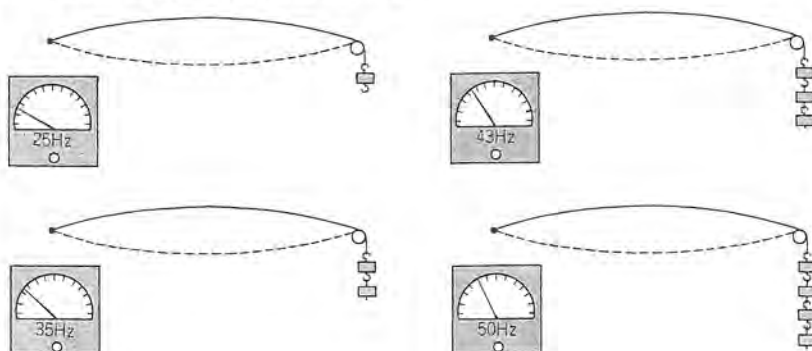
①弦の定常波実験器をセットする



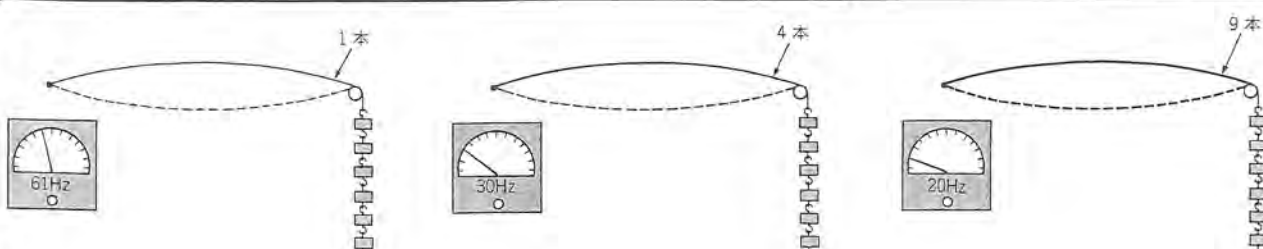
②振動数を変えて、基本振動数と倍振動数を調べる



③弦の張力と固有振動数の関係を調べる



④弦の太さと固有振動数の関係を調べる



① **留意点** 弦が、適当な長さ（例えば70cm）になるように定滑車の位置を調節する。おもりは、とりあえず適当な質量のもの（例えば35g）をつるしておく。

② **留意点** 低周波発振器のダイヤルを回して徐々に振動数を上げ、振幅が最大になり、図Aのようになる場所を探す。このときの振動数が基本振動数である。さらに振動数を上げていき、再び振幅が最大になり、図Bのような定常波ができるところを探す。このときの振動数と基本振動数とを比較し、この振動数が基本振動数の2倍になっていることを確かめる。これが2倍振動である。同様に徐々に振動数を上げていき、図CやDのような定常波ができるところを探し、そのときの振動数についても調べてみる。

③ **解説** おもりの質量を2倍、3倍、4倍にして、糸の張力と固有振動数の関係を調べる。固有振動数は、糸の張力の平方根に比例する。

④ **解説** 弦の太さを変えて（4本、9本の糸をよじって）、糸の太さと固有振動数の関係を調べる。固有振動数は、糸の太さ（線密度）の平方根に反比例する。

留意点 おもりの質量が小さすぎると、糸の本数を多くしたときに周波数が低くなり過ぎ、市販の低周波発振器では実験できないことがある。②、③の実験から、必要なおもりの質量を計算で求めてから実験するとよい。

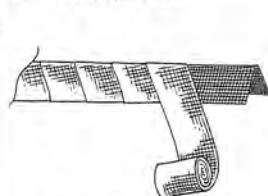
参考 弦の長さ（長さ）と固有振動数の関係についても調べてみるとよい。定滑車の位置を動かして、糸の長さを1/2, 1/3, 1/4 にすると、固有振動数は2倍、3倍、4倍となる。固有振動数は、糸の長さに反比例することが調べられる。



図 水波投影装置を正しく使うことができる。
平面波と球面波の違いを調べることができる。
波面と波の進む方向の関係を調べることができる。

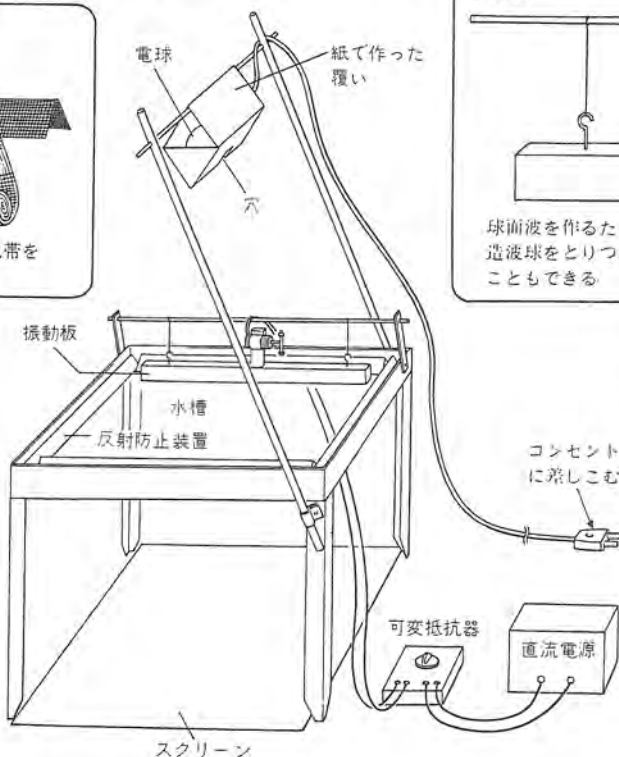
① 水波投影装置を組み立てて、実験準備をする

自作の反射防止装置



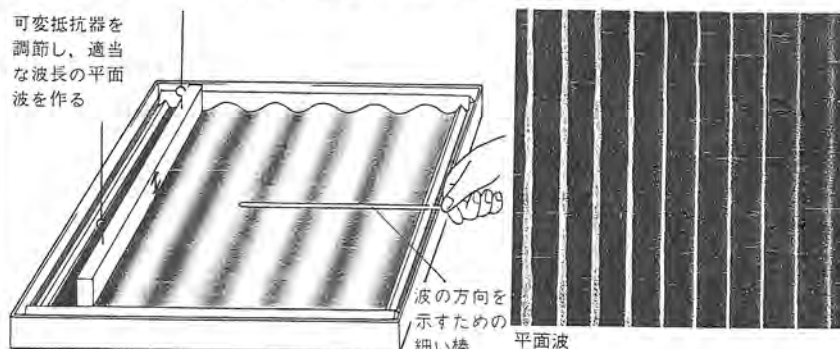
金網にガーゼの包帯を巻きつけて作る

図のように装置を組み立てたら、水槽内に深さ1cm程度になるまで水を入れ、深さが一様になるように水槽を調節する。次に振動板を水面に下ろし、光源とモーターの電源を入れ、きれいな波ができるかどうかを確かめる。もし、波がきたないときには、モーターのナットの位置を調節し、波源の振幅を変える



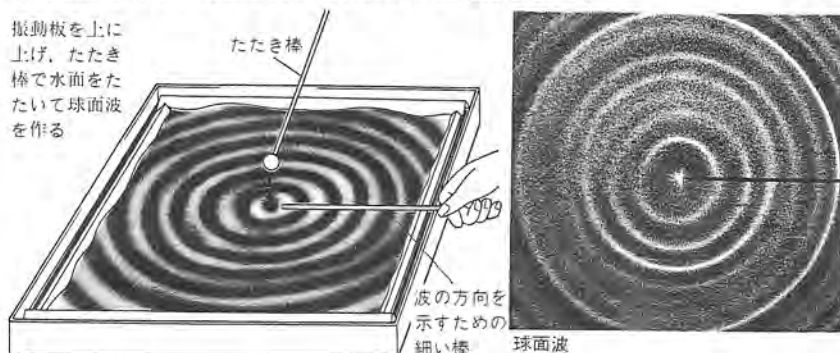
② 平面波を作り、波面と波の進む方向との関係を調べる

可変抵抗器を調節し、適当な波長の平面波を作る

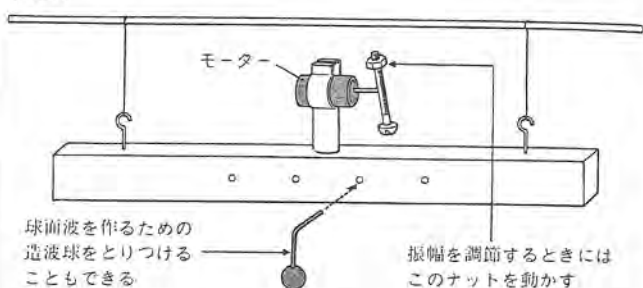


③ 球面波を作り、波面と波の進む方向との関係を調べる

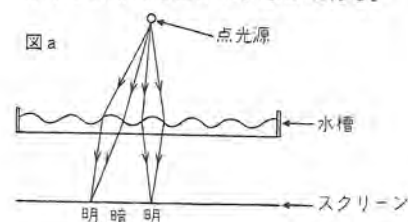
振動板を上へ上げ、たたき棒で水面をたたいて球面波を作る



振動板

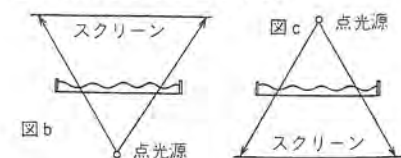


① 解説 水波投影装置(リップルタンク)は、発生させた水波に光を透過させることにより、波面をスクリーン上に明暗のしまとして観察できるようにしたものである。下図 a のように水波の山の部分が凸レンズ、谷の部分が凹レンズのはたらきをするので明暗のしまができるのである。



投影のしかたとしては、下図 b, c の 2 通りの方法がある。

b は、点光源を水槽の下に置いて天井に投影する方法である。大勢で同時に見られるので、デモ実験として適当である。また、OHPのステージ上に水槽を置いてスクリーンに投影してもよい。c は、点光源を水槽の上に置いて机上の白紙に投影する方法である。波面を鉛筆でなぞることができ、測定もしやすく、生徒実験として適当である。



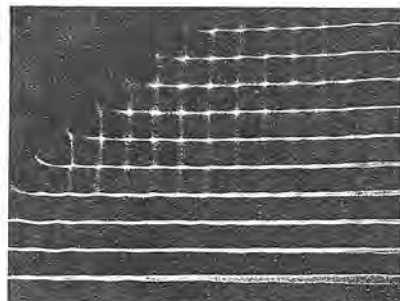
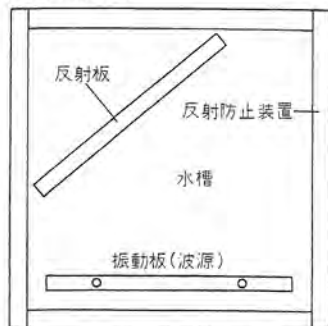
① 留意点 水槽のまわりから反射波があると、きれいな波ができないので、水槽の内側周辺には必ず反射防止装置を置く。付属品があれば、それを使えばよい。

② 留意点 細い棒で波の進む方向を示し、波面と波の進む方向の関係をはっきりさせるとよい(③も同様)。

③ 留意点 たたき棒で水面をたたき代りに、スポイトで水滴を落としてもよい。

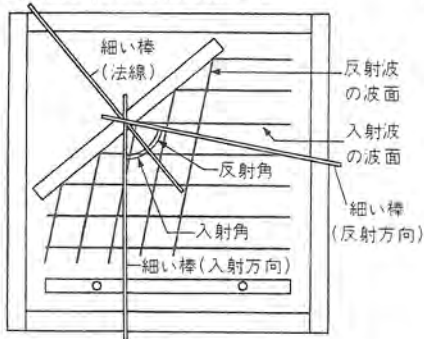
ねらい 図 波(波面)の反射の様子を観察し、入射角と反射角が等しいことが確かめられる。
いろいろな形の反射板における波の反射の様子が観察できる。

① 水波投影装置で、図のように適当な角度に置いた反射板に平面波を送り、反射波を観察する



直線反射板による平面波の反射

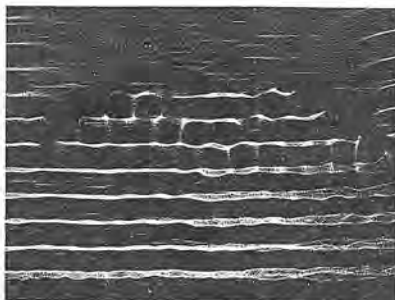
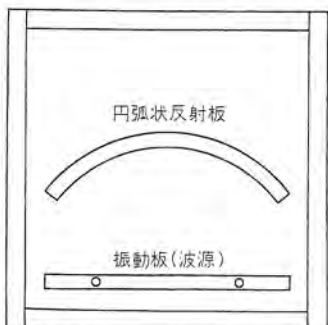
② ①における入射角と反射角の関係を、細い棒を使って調べる



③ ①と同様、適当な位置に置いた反射板に球面波を送り、反射波を観察する

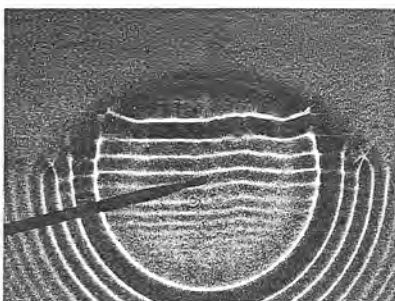
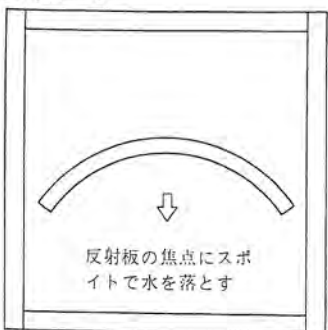


④ 図のような円弧状反射板に平面波を送り、反射波を観察する



円弧状反射板による平面波の反射

⑤ ④とは逆に円弧状反射板の焦点の位置に水滴を落として球面波を送り、反射波を観察する



円弧状反射板による球面波の反射

留意点 水波投影装置の基本的な操作については、**128**を参照。

① 留意点 反射板は、パラフィンブロックや屈折実験用ガラスブロックなどを利用するとよい(②③も同様)。反射波がわかりにくい場合は、振動板をモーターで振動させずに、指で軽く1回だけ押してパルス波を作るとよい。観察しやすくなる。

② 留意点 白紙上に投影している場合には、細い棒を使わずに、紙の上に線を引いて調べてもよい。振動数をいろいろ変えて調べてみるとよい。

④ 留意点 円弧状反射板(その他の曲線の反射板も同様)は、その曲線を画用紙に作図し、金属板をその線に沿って曲げて作るとよい。

解説 平面波は反射後、球面波になる。この球面波(反射波)が集中した所(円の中心)がこの反射板の焦点である。

参考 以上の実験のほか、次のようなことも確かめてみるとおもしろい。

- 正円形に曲げた金属板を水槽内に置き、円の中心に水滴を1滴落とすと、球面波が中心から広がっていき、反射後また中心に戻ってくる
- 放物線に曲げた金属板を水槽内に置き、平面波を送ると、反射波は焦点に集まる。逆に、焦点に水滴を落とすと、反射波は平面波となる
- 楕円形に曲げた金属板を水槽内に置き、一方の焦点に水滴を落とすと、もう一方の焦点に集まる

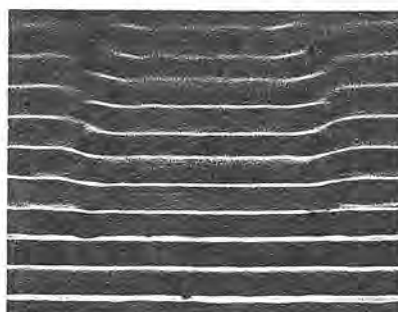
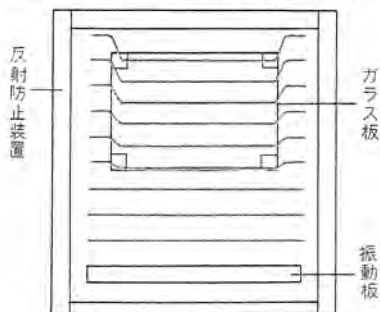


図

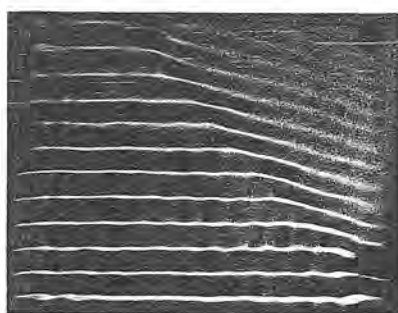
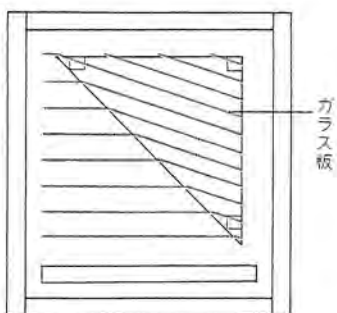
波が進む速さは、水の深さによって違うことが確かめられる。
波は、進む速さの違う部分に入ったとき、その境界で屈折する
ことが確かめられる。

①長方形、三角形、凸レンズ形のもの各1。②木または金属
の薄片でよい。

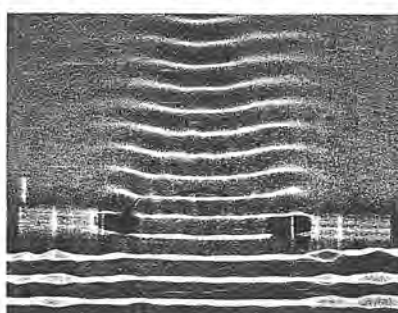
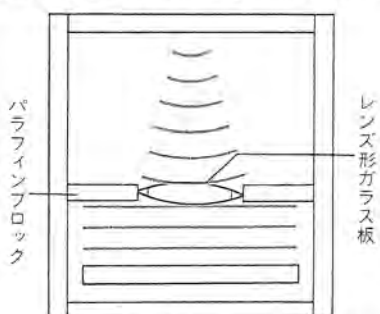
- ①水波投影装置の水槽内に、四角形のガラス板を図のように置いて平面波を送り、深い部分と浅い部分での波の進む速さの違いを調べる



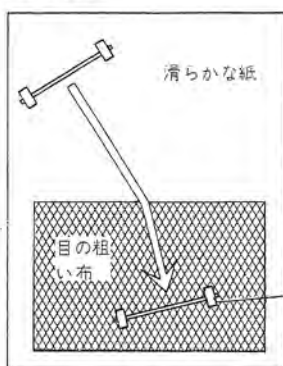
- ②三角形のガラス板を図のように置いて平面波を送り、波が屈折する様子を観察する



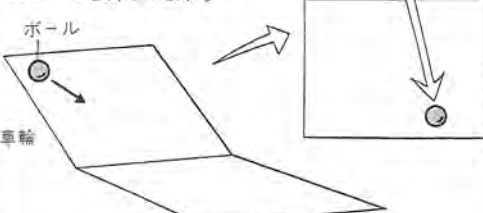
- ③レンズ形のガラス板を図のように置いて平面波を送り、波の進む方向に注目する



モデル実験



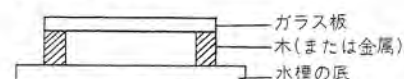
- 直径約2cm、両輪の間隔約10cmの車輪を滑らかな紙面から粗い布に向かって斜めに走らせる
○図のように傾斜の違う斜面にボールを斜めに転がす



留意点 海岸に打ち寄せる波を見てみると、その波面が、ほとんど海岸線に平行になっている。「何が原因でそうなるのだろうか」という疑問を導入に、この実験を行うとよい。
水波投影装置の基本的な操作については128を参照。

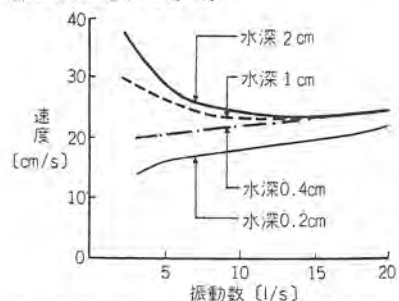
- ①解説 水深の違いによって、波の伝わる速さが違うことを観察する。

留意点 ガラス板は、適当な木（または金属）の台の上に、次のように置いて支持する（②も同様）。



水は、ガラス板の上の水深が2～3mmになるように入れる（②も同様）。
実験は、振動数をいろいろ変えて行ってみるとよい。

参考 水波の進行速度・振動数と水深の関係は次の通りである。



- ②解説 波が、伝わる速さの違う部分に入ったとき、その境界の部分で屈折する様子を観察する。

留意点 モーターで連続的に平面波を送って観察する前に、振動板を手で1回だけ押してパルス波を送り、屈折の様子を観察しておくといよい。

- ③解説 光が凸レンズで屈折するのと同じように、水波が屈折し、1点に集まることを観察できる。このことから、なぜ光が凸レンズで集められるかを説明できる。

留意点 凹レンズ形のガラス板があれば、それについても実験し、それぞれの場合を比較してみるとよい。

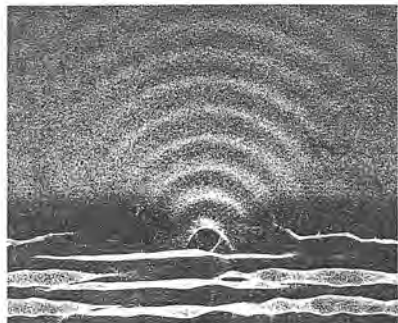
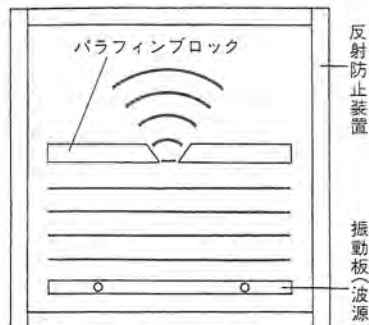
参考 波の屈折する様子は、左図のようなモデルを使って説明することもできる。ボールを転がす実験では、ボールが著しく放物線を描かないように、ボールを転がす方向・速度、斜面の角度などを工夫する必要がある。



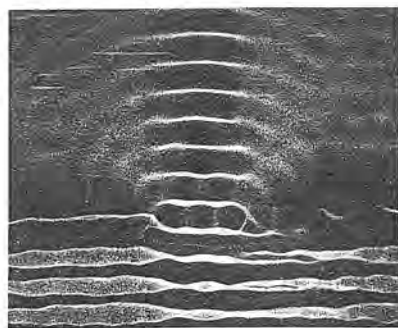
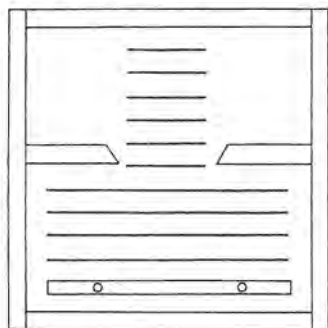
ねらい 波には回折（本来、障害物の陰になる部分にも、波が折れ曲がって回りこむ現象）という現象があることが確かめられる。
回折現象は、スリットの幅が狭いほど、また波長が長いほど著しく起こることが調べられる。

①光の屈折実験用のガラスブロックでもよい。

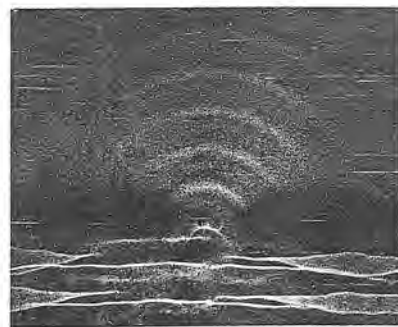
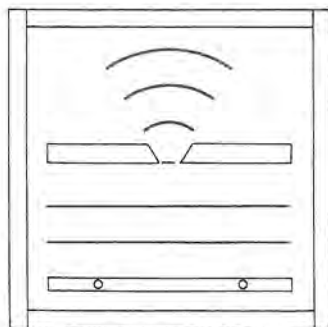
- ① 水波投影装置に、図のようにパラフィンを適当な間隔をあけて置き、平面波を送って波の変化を観察する



- ② パラフィンの間隔を広くするとどうなるかを調べる



- ③ パラフィンを①の状態に戻し、波長を変えて調べてみる



【参考実験】光の回折現象を観察する

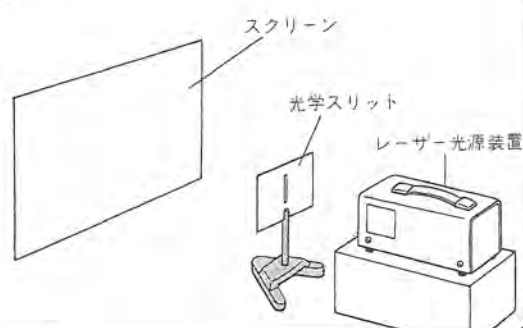
- ① 指のすき間から電灯を見る



- ② スリット入りの筒で電灯を見る



- ③ スリットを通したレーザー光をスクリーンに映す



留意点 次のような日常の現象を導入に指導するとよい。

- まわりに大きな建物ができると、テレビの映りが悪くなる。しかしラジオはあまり影響を受けない。なぜか？
- 光や音が障害物にぶつくと、光でははっきりした影ができるのに、音は障害物の後ろに回りこみやすい。光も音も波なのになぜだろうか？

- ① **留意点** 実験を行う前に、波がどのようなかを生徒に予想させるとよい。
水波投影装置の基本的な操作法については [128] を参照。

- ② **留意点** パラフィンの間隔を少しずつ広くしていくとよい。そのとき、回折現象がしだいに見られなくなっていくことに注意する。

- ③ **留意点** 波長を少しずつ長くしていくとよい。そのとき、回折現象がしだいに著しくなっていくことに注意する。

【参考実験】光の回折現象を観察する

解説 光の回折現象は普段、目立たないが、少し工夫すれば見ることができる。

- ① **解説** 光のしま模様が見える。
- ② **留意点** 筒は、いろいろなものを利用して、適当に工夫して作ればよい。
電灯側のスリットは、光をしぼるためのものである。アルミはくなど、適当な材料で、1～2mm程度にする。
目に当てる側のスリットは、なるべく狭くする。かみそりの刃2枚を、ほんの少し離して、スライドのマウントなどにはったものを取りつけるとよい。
- ③ **解説** スリット幅を少しずつ狭くすると、光の広がり（回折）が大きくなっていく。



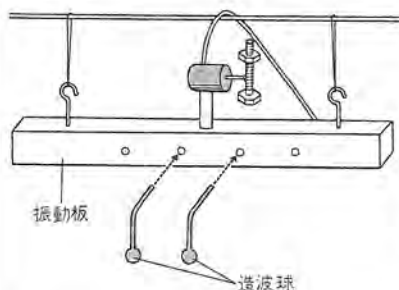
2つの波源から波を出すと、それらが弱め合ったり強め合ったりすることが調べられる。

水波投影装置 可変抵抗器 直流電源 低周波発振器 スピーカー① ふとん マイクロホン アンプ レーザー光源装置 光学用スリット スクリーン

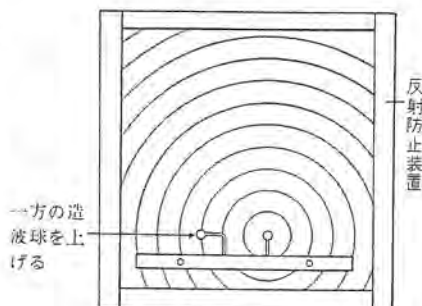
①小さなもの2個とふつうのもの1個。

①水波の干渉を調べる

①水波投影装置の振動板に造波球をとりつける



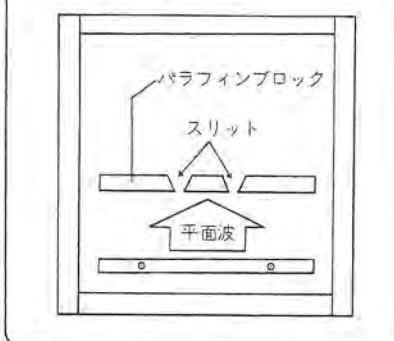
②球面波を作り、観察する



③両方の造波球で水面をたたき、どのような波ができるかを観察する

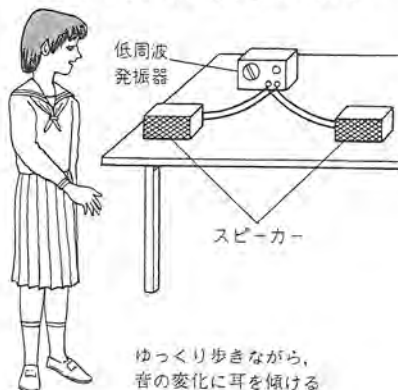


平面波で調べる方法

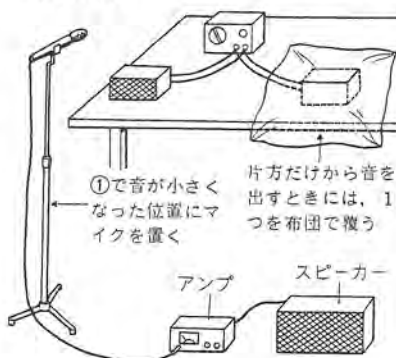


②音の干渉を調べる

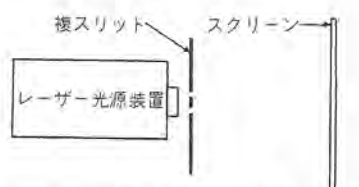
①低周波発振器とスピーカーを図のようにセットし、その前を歩いてみる



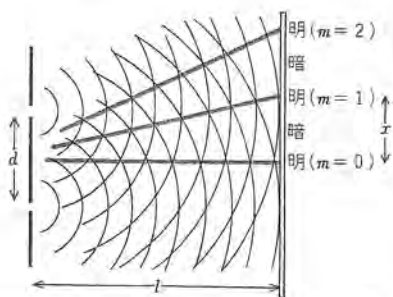
②両方のスピーカーから音を出した場合と、片方だけから音を出した場合を比較してみる



③光の干渉を調べる



レーザー光線を複スリットに当てて、スクリーンに映し、しま模様を観察する



留意点 まず②の実験を行ってから①の実験を行うとよい。

②では、2つのスピーカーから音を出しても、必ずしもスピーカー1つの場合より音が大きくなるとは限らない。2つのほうが、かえって音が小さくなることもある。このことを体験し、なぜこのようなことが起こるのかを考えてから①の実験を行うと理解が早い。

① 留意点 水波投影装置の基本的操作法は、⑫8を参照。

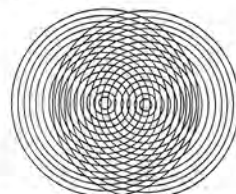
① 留意点 振動板に造波球をとりつけたら、その造波球で水面をたたけるように、振動板の高さを調節しておく。

② 留意点 2つの造波球それぞれについて実験し、どちらの造波球でも球面波ができることを確かめておく。

③ 留意点 振動数(波長)をいろいろ変えて調べてみる。

参考 次のように説明すると、水波の実験がわかりやすい。

同心円をたくさん描いた透明シート2枚を、少しずつして重ね、モアレじまを作って説明する。



②① 留意点 スピーカー間の距離は、2000～4000 Hzで1 mぐらいがよい。歩く位置は、スピーカーから1 mぐらい離れた所がよい。

② 留意点 マイクをテープレコーダーに接続し、後で聞き比べてもよい。

③ 留意点 スリットとスクリーンに煙箱を置いたり、たばこの煙を吹きかけたりすると、光が分かれているのが見られる。参考 これをヤングの実験という。

この実験では、次のように簡単に光の波長を求めることができる。

スリットからスクリーンまでの距離を l 、スリットの間隔を d 、スクリーンの明線(点)の位置を x 、光の波長を λ とすると、これらの間には、

$$\frac{xd}{l} = \frac{\lambda}{2} \times 2m \quad (m=0, 1, 2, \dots)$$

の関係がある。したがって、 x を測定することにより、 λ は簡単に求められる。