

[目次へリンク](#)

# 物理実験集Ⅱ

1998

富山県高等学校教育研究会物理部会編

# はじめに

富山県高等学校教育研究会

物理部会長 斉木 義和

物理の演示実験の中で「手軽にでき、かつ、生徒が興味・関心を寄せる実験例の紹介」として、「手軽な物理演示実験集」が出てから10年になります。その間、とかく難しく敬遠されがちな物理を、身近で面白いものにする、いわばアイデアの小箱として、県内のたくさんの先生方に活用されてきました。しかし、教材内容が変化していることや、改訂版を出して欲しいとの要望も強く、このほど、県下のすべての物理の先生方に原稿を依頼し、「物理実験集Ⅱ」としてまとめることができました。

さて、高校における物理の履修者数は、20年前の62%（化学106%、生物114%）に減少していることはご存じのことと思います。これは教育課程の改訂や大学受験科目の変化、さらには、「物理を学んで果たして何の役に立つのだろうか」といった生徒が増えてきたことなどによるものと考えられます。物理教育に対する危機意識は、いまや、たちの悪い慢性病のように我々を蝕みつつあります。しかしながら、21世紀に向け、エキスパート養成のためだけでなく、広く”国民あるいは市民素養の物理”が求められています。この実験集が第Ⅰ集と同様広く活用され、楽しく、面白い物理実験のためのヒント集として、慢性病の特効薬とまではいかないまでも、暗い気分を吹き飛ばす清涼剤になればと願っています。

なお、紙面の都合で掲載できなかった内容は、タイトルだけ巻末に載せました。また、編集者の力不足のため構成や印刷など不備があるかと思いますがご容赦ください。

最後に、快く原稿をお寄せいただいた諸先生方、また、編集の遅れを心暖かく見守っていただいた諸先生方に、厚くお礼申し上げます。

# タ イ ト ル ページ

## I 力と運動

1	作用反作用の法則	1
2	作用・反作用	2
3	浮沈子を作ってガラス(パイレックス)の密度を求めよう	3
4	等速直線運動	4
5	平均速度と瞬間速度の測定	5
6	斜方投射	6
7	飛び出す絵本方式による斜方投射の立体モデル	7
8	モンキーハンティング(水平投射導入演示)	8
9	フロッグ・ハンティング	9
10	見かけの無重力状態の確認器	10
11	終端速度を視覚的に確認する実験	11
12	アトウッドの装置と運動方程式	12
13	平面に対し斜めに衝突する球がおよぼす力積	13
14	はね返り係数	14
15	ポリカーボネート板を用いた力学的エネルギー実験器	15
16	力のモーメント	16
17	吹き矢	17
18	ガラスの割れる高さ	18
19	はねかえる台車の衝突	18
20	くっつく台車の衝突	20
21	ゴムで引っ張り合ったくっつく台車の動き	21
22	つるしたジャンピングトイ	22
23	転がる球と台の動き	22
24	回転衝突	23
25	コインを使った衝突	24
26	同じ重さの衝突球	25
27	重さの異なる振り子の衝突	26
28	バネで離れる台車の速さ	27
29	バネでつないだ台車の動き	28
30	風で動く車はどちらに動くか	30
31	水ロケット	30
32	どちらのジャンピングトイがたくさん飛ぶか	31
33	前が重い台車・後ろが重い台車の動き	32
34	ボールペンロケット	34
35	弾性・非弾性ボールの跳ね返り	35
36	弾性ボールと非弾性ボールの衝突時の力	36

## II 熱とエネルギー

37	手軽なボイルの法則の検証実験	37
38	ミニ空き缶つぶし	38
39	熱気球の制作	39
40	液体窒素による物性の変化	40
41	超低温の実験	41
42	水蒸気爆発	42
43	モル比熱	42
44	固体・液体・気体の膨張	43
45	金属の膨張	44
46	バイメタル	45
47	太陽熱気球	46
48	ミニ熱気球	47
49	空気を抜き取って大きな力	48
50	気体の圧力	49
51	雲をつくる	50
52	手作り圧気発火器	51
53	火起こし器	51
54	蒸気回転ポンベ	53
55	蒸気回転管	53
56	ポンポン蒸気船	54
57	ゴムエンジン	55
58	エンジン模型	56
59	アルコール鉄砲	57
60	コルク栓を飛ばす	58
61	熱電気変換器	59
62	電池を作る	59
63	金属が燃える	60

## III 波動

64	OHPシートを用いた生徒用「波の干渉パターン作図器」	62
65	波の作図課題	63
66	コンピューターを用いての音速の測定	66
67	ビニールホースを用いた音速の測定	67
68	オシロによる音波の観測	69
69	音波の解析	70
70	音波の干渉を体験する	71
71	ネオジウム強力磁石を用いた音叉のうなり実験	72
72	気柱の共鳴	73

73	オルガン管の共鳴	74
74	ドップラー効果 観測器具	75
75	テープを用いたドップラー効果のモデル実験	76
76	アンプ付き低周波発信装置を使って	77
77	塩ビパイプと業務用ラップを用いた手軽な水レンズ	79
78	生徒が手作りできる水レンズ	80
79	ミニ4駆の車輪を用いた屈折実験	83
80	ブラウン運動観察器	84
81	ホイヘンスの原理	84
82	水光ファイバー	85
83	光ファイバーを用いた音声の伝送	86
84	回折格子(またはプリズムシート)を用いたスペクトル観察	87
85	スライドガラスでつくるニュートンリング観察装置	88
86	偏光シートを用いたブリュースター角の確認	89

#### IV 電磁気

87	カラーパウダーとサラダ油を使った電気力線の観察	90
88	バンデグラーフのまわりの電界の観察	92
89	「平行極板」の演示	93
90	コンデンサーの接続法と蓄えるエネルギー	94
91	エネルギーを蓄えるコンデンサー…並列接続と直列接続の違い	95
92	電気容量 $C = \epsilon S/d$ の確認	97
93	$Q = CV$ 演示実験	98
94	ラーメン屋もびっくり“電気ヌードル”	99
95	電流が磁界から受ける力	100
96	「うなり」と蛍光灯	101
97	手軽に交流電流の位相差を観察できる生徒実験	102
98	AMラジオを作る	104

#### V 原子・原子核

99	拡散形簡易霧箱で自然放射線の飛跡を見る	105
100	プラスチックシャーレで $\alpha$ 線の飛跡を見る	106

#### VI その他

101	物は何でもくつつく	107
102	Windows 環境で使用できるシミュレーションソフトウェア	108
103	安価にできる簡易大型デジタルストップウォッチ	109
104	紙面の都合で内容を掲載できなかった実験項目	110

## 1 作用反作用の法則（福田宏茂）

### 1 目的

作用反作用の法則を体感する。

### 2 材料・準備

台車、巻き尺、体重計

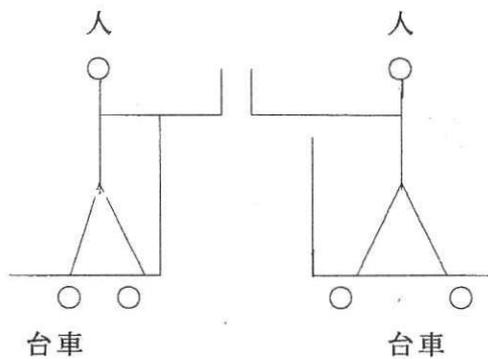
### 3 方法・留意点

2台の運搬台車のそれぞれに人が乗って、押し合いをする。それぞれの運搬台車が、押し合いをしている間に動いた距離を調べる。どんな関係になっているか。初めは、同じくらいの体重の者でやってみる。次に体重の違う者でやってみる。あるいは、一方の運搬台車に一人、他方に2人乗ってやってみる。一方だけが押したときと、両方がおしたときと、両者で押し合いをしたときの違いを調べてみる。

### 4 参考文献

教科書「高等学校 物理」（啓林館）

### 5 図



## 2 作用・反作用（福田宏茂）

### 1 目的

作用・反作用の法則を磁力で確認する。

### 2 材料・準備

永久磁石，ひも，台車

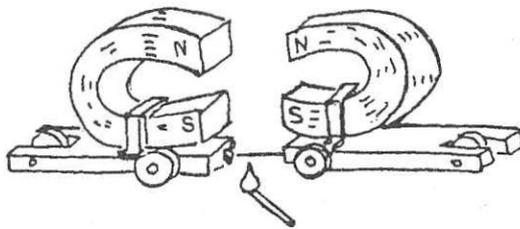
### 3 方法・留意点

二つの大きな永久磁石を互いに反発し合うようにおなじ極を向かい合わせて，台車の上に乗せる。この車は互いにひもで結ばれていて，ひもを焼き切って車がはなれるようにする。重さのちがういろいろな荷物を車にのせて実験する。

### 4 参考文献

デモンストレーション物理（大日本図書）

### 5 図



### 3 浮沈子を作ってガラス(ハ°ルックス)の密度を求めよう (木下正博)

#### 1 目的

浮沈子は力のつり合いやアルキメデスの原理を説明するのに大変よい教材である。しかし、一般に生徒は皆よろこぶものの、おもちゃ的な性格が強く学習教材としての要素は小さい。そこで、目盛り付き試験管を用い、力のつり合いからガラス(ハ°ルックス)の密度を求めてみることにした。ただ楽しいだけではなく、そこにしっかりとした理論を学びとらせることを目的としている。

#### 2 材料・準備

・ ペットボトル ・ 目盛り付き試験管 ・ 天秤 ・ 雑巾 ・ 水

#### 3 方法・留意点

(1) 試験管の質量を求める。

(2) ペットボトルに水を入れる。

試験管を逆さにし、ペットボトルに沈める。このとき、水面ぎりぎりに試験管が浮くように、試験管の中に水を入れる。

(3) ペットボトルのふたを閉じる。

これで浮沈子の出来上がりです。  
こぼれた水は雑巾で拭取ります。

(4) 水中の中央部で試験管が静止するよう手でペットボトに圧力を加える。

(5) 試験管内部の空気の体積を読む。

(6) 試験管の浮力を計算する。

(右図を参考)

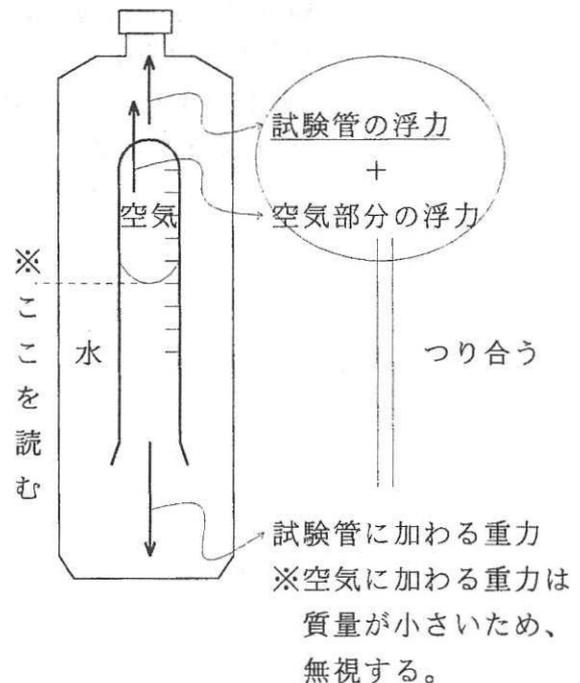
(7) 験管に加わる浮力は試験管の体積が

排除した水の重力の大きに等しい。(水の密度 $1.00[\text{g}/\text{cm}^3]$ )

(8) 試験管(ガラス(ハ°ルックス))の体積を計算する。

(9) ガラス(ハ°ルックス)の密度を計算する。

(10) ガラス(ハ°ルックス)の密度は公式には $2.32[\text{g}/\text{cm}^3]$ です。計算値と比べてみる。



※ペットボトルのふたは、水が溢れ出ないようにしっかり閉める。

※試験管内の空気の体積を読むときは、読む位置に留意する。

※密度の単位は $[\text{g}/\text{cm}^3]$ です。 $[\text{g}]$ ,  $[\text{kg}]$ や $[\text{kgw}]$ ,  $[\text{N}]$ 等の単位の取り扱いに留意する。

#### 4 参考文献ないしは材料入手先

「いきいき物理わくわく実験」p102 愛知・岐阜物理サークル 新生出版

#### 4 等速直線運動 (演示)

松田利幸

- 準備するもの
- ・ 透明な管 (直径 3~4 cm、長さ 70~80 cm) 1 本
  - ・ ゴム栓 3 個 (化学実験で使用するもの)
  - ・ 液状のり

#### 作成方法

管の中央にちょうど入るゴム栓を準備する。図 1 のように 1 部切り取り図 2 のように管の中央に入れる。(穴が小さいと気泡が出るのに時間がかかる。) 次に管にのりを入れて栓をし、管を鉛直に立ててスタンドに固定する。

#### 観察

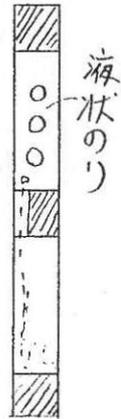
中央のゴム栓の穴を通して、のりが 1 滴ずつ落下するごとに気泡ができて、ほぼ等間隔で上昇していくのが観察される。のりが全部落下したら、管を逆にするとくりかえし実験ができる。気泡ははじめ壁面近くから出るが、すぐ中央に寄り上昇する。

(平成元年東京の研修会で発表されたもの、資料見あたらず)



図 1

図 2



## 5 平均速度と瞬間速度の測定 (福田宏茂)

### 1 目的

瞬間速度を調べる。

### 2 材料・準備

円板 (蛍光マークをつけたもの), ストロボスコープ, モーター  
物差し

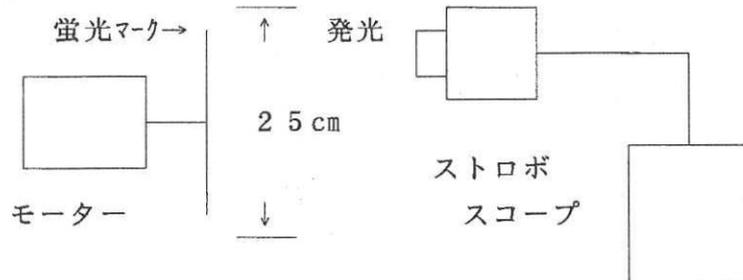
### 3 方法・留意事項

円板の上に蛍光マークをつけて約 2000 p.r.m のモーターで回転させる。ストロボスコープの周波数を変え、発光間隔をさまざまに変えて円板を観察する。変位  $\Delta S$  は円板の上で測り、それに要する時間  $\Delta t$  はストロボスコープで読みとる。 $\Delta t$ ,  $\Delta S$  を十分小さくとると瞬間速度が調べられる。

### 4 参考文献

デモンストレーション物理 (大日本図書)

### 5 図



## 6 斜方投射 (谷口久信)

### 1 目的

水平到達距離と滞空時間を測って初速度と最高点の高さを求める。  
斜方投射の理論式を実際に活用することを、目標とする。

### 2 準備

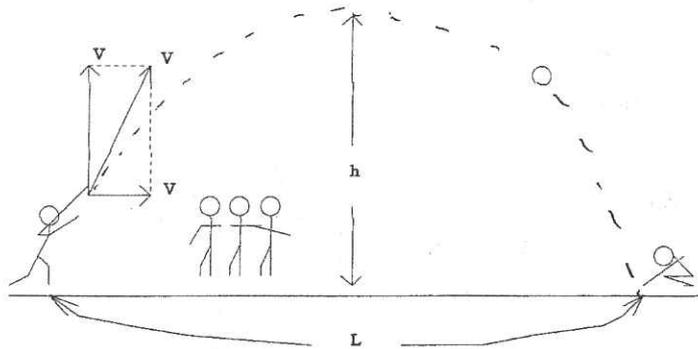
ソフトボール (または軟式野球ボール) 100 m 巻尺 ストップウォッチ  
記録用紙

### 3 事前課題

水平到達距離を  $L$  (m) とし、滞空時間を  $t$  (秒) とするとき、次の各量を求めよ。ただし投げ上げの高さを  $0$  m と考えよ。

(1) 初速度の大きさと水平からの角度  $\theta^\circ$  の正接  $\tan \theta$  の値を  $L$  と  $t$  を用いて表せ。

(2) 最高点に達する時間と高さを  $L$  と  $t$  を用いて表せ。



### 4 実験

各自交代でソフトボールを投げその滞空時間と飛距離を測定する。

滞空時間  $t =$  秒 飛距離  $L =$  m

初速度の水平方向成分  $V_x = L / t =$  m / s

最高点までの時間は  $t / 2 =$  秒

初速度の垂直方向成分  $V_y =$  m / s

初速度の大きさ  $V$  とすると  $V^2 = V_x^2 + V_y^2$  より  $V =$  m/s

水平面からの角度を  $\theta$  とすると  $\tan \theta =$

最高点の高さは  $h =$  m

◎ 三角関数表を使って  $\tan \theta$  の値から ボールを投げ出す角度を  
求める。  $\theta =$  度

## 7 飛び出す絵本方式による斜方投射の立体モデル(木下正博)

### 1. 目的

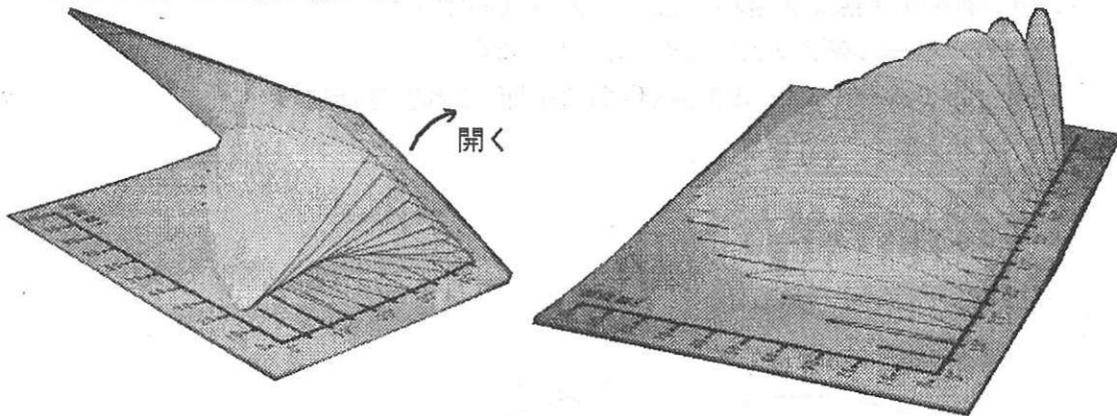
斜方投射における物体の軌道モデルを0度～90度まで5度間隔に並べ、その飛跡の様子が角度とともにどのように変化していくかを観察する。

また、持ち運びに便利のように、また、生徒へのインパクトを強めるため、提示しないときは、折りたためるようにする。

### 2. 材料・準備

コンピューターの演算、グラフィックス機能を用いて、斜方投射の物体の軌道を0度～90度まで5度間隔に出力し、プリンターで印刷する。印刷した軌道を厚紙等に張り付け切り取る。

切り取った軌道を台紙に張り付け、うまく閉じるよう、また、開いたときに全体がきれいに並ぶよう、糸を取り付ける。



### 3. 方法・留意点(効果)

生徒は斜方投射を学習すると、その軌道が二次関数の放物線を描くことを知る。また、投げ出す角度を変えることで、飛距離や最高点の高さなどが変化することを知る。しかし、角度によってその軌道の様子が連続的にどのように変化していくかをイメージできる生徒は少ない。また、45°で飛距離が最大となることを理解できても、その前後の角度ではどのくらい飛距離が変化するか、疑問を抱く生徒もいる。実際に私自身もこのモデルを作るまでは、その変化の様子をイメージすることが難しかった。このモデルを作り生徒達に提示したところ、自然現象の美しさに感動する生徒が多数いた。とりわけ数式を扱うことの多いこの單元では、最後のまとめとして、この立体モデルを提示すると一層効果的である。

余談であるが、本校の建築科の生徒にこのモデルを提示したところ、彼らはこの立体デザインが自然現象によることに感動し、今後の建築製図に取り入れたいという意見を述べた生徒もいた。

※ 昨今のコンピューターブームではこのような現象を三次元グラフィックスで表現できるかもしれないが、実物の美しさを是非、見てほしい。

## 8 モンキーハンティング(水平投射導入演示)(坂井一守)

### 1. 目的

水平投射運動で鉛直方向の運動が自由落下運動であることを知る。  
(水平投射の導入時)

### 2. 材料・準備

21φアクリルパイプ、スーパーボール(ビーダマン用)、スズメッキ線、銅線、釘、電磁石、プラスチックケース(的用)、大型スタンド3台

### 3. 方法・留意点

①図のように装置を組み立てる。

・ボールの速度は大きいので、見ていただけでは衝突したことがわからない生徒がいる。少々空気抵抗があっても、衝突したときに大きな音が出るか、壊れるようなのが演示効果があった。

②パイプをのぞき照準を合わせる。(スタンドで調整)

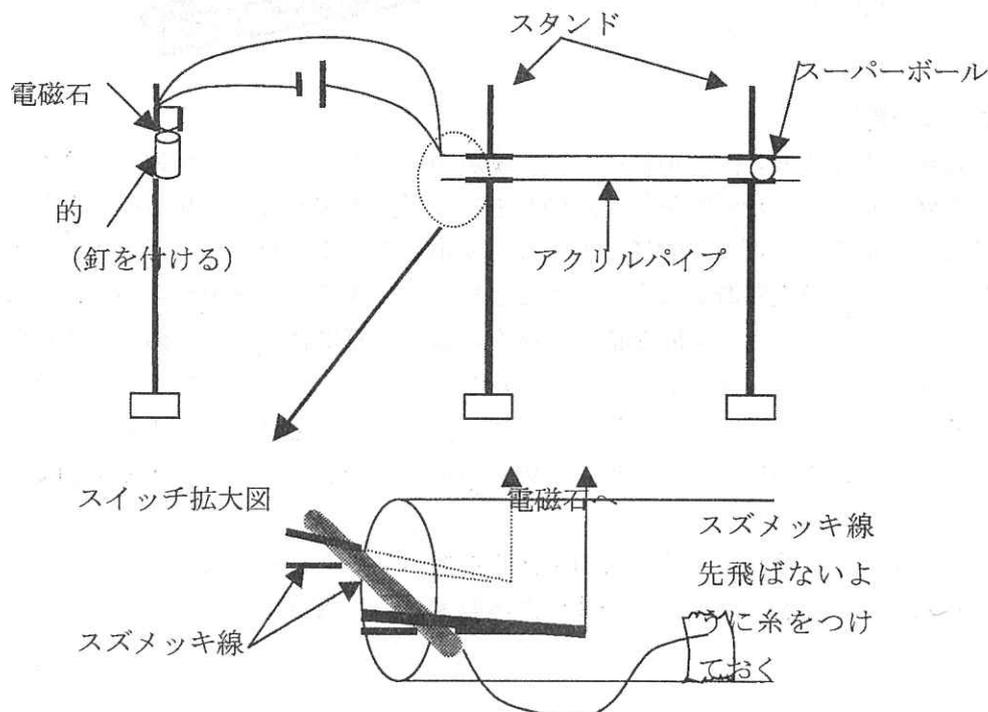
③スーパーボールをアクリルパイプに入れ、吹く。

・初速度は吹く前にボールを置く位置で調節。これを生徒に説明。

### 4. 参考文献

教科書出版社の資料

### 5. 図



## 9 フロッグ・ハンティング (成瀬 堅)

### (1) はじめに

モンキー・ハンティングは自由落下物体と放物運動の衝突をみせてくれますが、ここでは同時に床から投射された2物体の衝突をみせてくれる簡単な装置を紹介します。

原理は同じ高さから同時に投射される2物体の初速度の鉛直成分が等しく、水平成分が互いに接近する向きであれば、必ず衝突するということです。

次のように斜面上で水平な角材を持って2つの球を押し上げるという簡単な方法で、フロッグ・ハンティングと名付けてみました。

### (2) 準備するもの

- ・角材(厚さ2~3cm、長さ50cm程)または板(厚さ2~3cm、長さ50cm)
- ・広い板で斜面を作るための適当な台
- ・衝突球2個
- ・セロテープ
- ・なるべく広い板
- ・30cmものさし4本

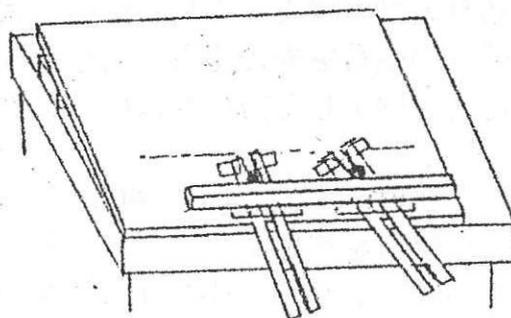
### (3) 作りかた

広い板で机の上に適当な斜面を作る。斜面の低い位置に図のようにセロテープともものさしで適当な傾きの発射台を2つ作る。このとき発射台の上端の高さは等しく揃える。

### (4) 使い方

2つの発射台にそれぞれ球を置き、これを斜面の下端に水平に置いた角材で受け止めておく。

この角材を水平に保ちながら、適当な速さで発射台の上端までものさしにそって動かして止め、2つの球をどび出させる。



### (5) 生徒の反応

実演してみせると生徒は大変興味をもって、衝突にいたる動きを見つめます。発射台の角度や、発射の速度をいろいろと変えて行くと、衝突する度に拍手をしてくれたりします。そこで、なぜどの場合でも衝突するのかと質問すると考え込む生徒が多く見られます。

同じ高さから、同時に、初速度の鉛直成分が等しく投射された2物体の高さは常に等しいことを理解させる実験器具として適切である。

### (6) その他

角材を水平にしたまま上へ押し上げるのに少し練習する必要がある。角材の一端に直角に板を固定してその板を斜面の側面に沿って移動させるのもよい。

## 10 見かけの無重力状態の確認器 (成瀬 堅)

### (1)はじめに

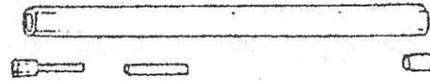
見かけの無重力状態は、網が切れて自由落下するエレベータや、地球の周りを廻るスペース・シャトルの内部で見られるが、これは普通の人には体験できないことであり思考実験にとどまりがちです。

ところで、この「見かけの無重力状態の確認器」は非常に簡単な器具で、容易に見かけの無重力状態を作りだせて、それを見ながら確認できます。

あわせて慣性の力を納得したり、垂直抗力と摩擦力の関係の理解を深めることの一助にもなります。

### (2)準備するもの

- ・アクリル管 (内径14mm、長さ25cm)
- ・ゴム栓 (1号) 2個
- ・アルニコ磁石 (1×7cm) 2本



### (3)作り方

ゴム栓の1つはキルク・ボーラーで内径9mmの穴をあける。その穴に1つの磁石の端をしっかりと固定する。

残りのゴム栓をアクリル管の一端にしっかりと固定する。

残りの磁石を先の磁石と引き合う向きにして、アクリル管に入れる。

磁石を固定した方のゴム栓で、アクリル管に蓋をする。

### (4)使い方

アクリル管を手を持って動かしても、斜面上で転がしたり滑らしたりしても、2つの磁石を無理にくっつけようとしない限り、両者はくっつかない。

しかし、アクリル管を自由落下させたり、鉛直に投げ上げたり、水平や斜め方向に投げ出すとスムーズに2つの磁石が引き合ってくっつく。

### (5)生徒の反応

実演して見せると生徒等は大変に興味ある目で見つめます。そこで、なぜ手から放れたアクリル管の中で磁石がくっつくかと質問すると考え込む生徒が多くみられます。

なんとなく、無重力と答える生徒には重力が働いていないことは無いと言って更に考えさせます。

### (6)その他

手から放しても磁石がくっつきにくいときは、固定したゴム栓のそばに塵紙等を詰めて、最初に2つの磁石を離してある距離を少し近づけておくとよい。

2つの磁石をアクリル管に入れて外から見るときの見易く両者を区別し易い色 (例えば朱色と黄緑色とか) をカラー・スプレー等で磁石に塗っておくとよい。

## 11 終端速度を視覚的に確認する実験（福田宏茂）

### 1 目的

終端速度とはなにかを視覚的に確認する。

### 2 材料・準備

鉄球、油、メートルガラス（透明なガラスの筒）

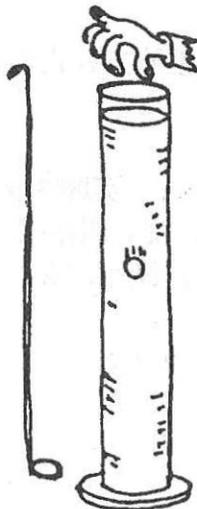
### 3 方法・留意点

油で満たされたメートルガラスの中に鉄の小球を落とすと、小球は等速度で落下していく。

### 4 参考文献

デモンストレーション物理（大日本図書）

### 5 図



## 12 アトウッドの装置と運動方程式 (長谷川充)

はじめに

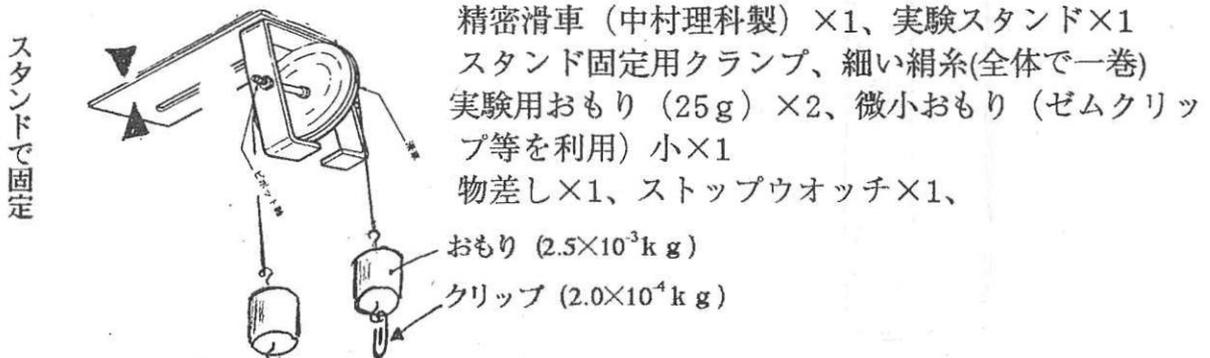
運動の第二法則を教える時の初期の目標に、「運動方程式は、物体と力の間になりたつ時間的・空間的な因果関係を表し、物体の未来や過去の運動を再現する情報を計算で求めることができることを、実証的(科学的)に納得させること」がある。しかし、多くの場合、加速度 $\propto$ 力かつ加速度 $\propto$ 質量の逆数が成り立つことを確かめる実験はなされても、運動方程式による運動の予測可能性という点により比重をおいた実験をすることは少ないようである。時間的な制約とか進度など理由はいろいろあるが、検証の精度が高くて、初歩的でもある実験テーマ(運動の例)がないと思われるからであろう。

そこで、ここでは、演示実験であれ、探究的な実験であれ、前述のねらいから見て、十分に意義があるテーマとして、「アトウッドの装置」の実験を取り上げたい。この装置は、初歩の力学演習に必ず含まれるものであり、結合系の運動方程式の練習問題としては、大変に豊かな教育的内容を持つことは周知の通りである。現在では、生徒がたてる運動方程式に基づく予測値と実測値の間の誤差に占める、摩擦と滑車の慣性モーメントが原因である部分の割合が、測定の精度よりも十分に小さい滑車を安価に入手できるので、生徒にとって検証の精度が「高い」実験を実施できる。

### 1. 目的

ブラックボックス的な要素がない簡便な実験によって、運動方程式の正しさを検証する。

### 2. 器具・準備



### 3. 方法・留意点

- ・適切に運動方程式をたてて、アトウッドの装置のおもりが一定の距離を動く時間を予測させ、実験で実測して、運動方程式が正しいかどうかを検討させる。
- ・誤差が生じる原因を考えさせ、誤差を少なくする工夫をして実験するように心掛けさせる。

(糸の磨耗による引っ掛かり、おもりの振れ、回転軸の水平からのずれ、おもりに初速度を与える手放し方、斜めからの位置の確認等に注意させる)

- ・重力加速度の大きさは、理科年表記載の最も近い観測点の値を用いる。

### 4. 器具等の購入

中村理科製 精密滑車 (製品番号 c15-1141) 単価 1,850円

### 13 平面に対し斜めに衝突する球がおよぼす力積

(島先宏充)

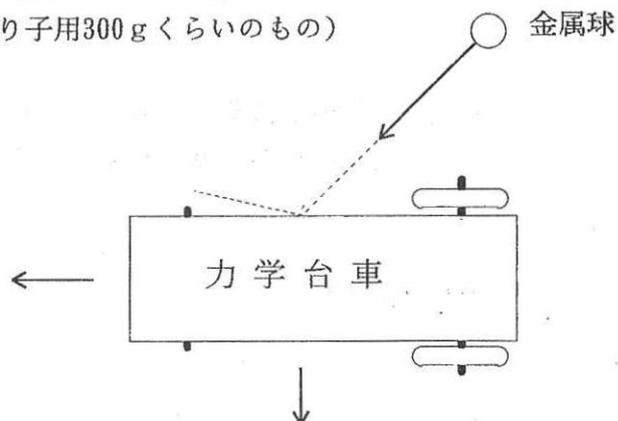
#### 1 目的

図のように金属球を力学台車の側面に斜めに衝突させると、力学台車は矢印←の方向へ動かないで、矢印↓の方向へずれる。このことにより運動量のうち平面に垂直な成分だけ衝突に関係することを示すことができる。

#### 2 材料・準備

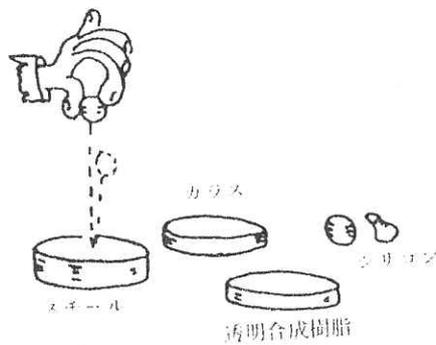
力学台車（長さ30cmくらいの大型のものの方がやりやすい）

金属球（単振り子用300gくらいのもの）



## 14 はね返り係数（福田宏茂）

- 1 目的  
材質の違いによってはね返り係数がことなることを確認する。
- 2 材料・準備  
スチール、ガラス、透明合成樹脂、小球（ガラス、金属など）
- 3 方法・留意点  
いろいろな材質の球を異なった材質の板の上に落としてはね返らせる。材質間のはね返り係数は、はね返る高さで落とす高さの比から測定して決める。
- 4 参考文献  
デモンストレーション物理（大日本図書）
- 5 図



## 15 ポリカーボネート板を用いた力学的エネルギー実験器 (加藤憲夫)

### 1 目的

遊び感覚で力学的エネルギーの保存について調べる。

### 2 材料・準備

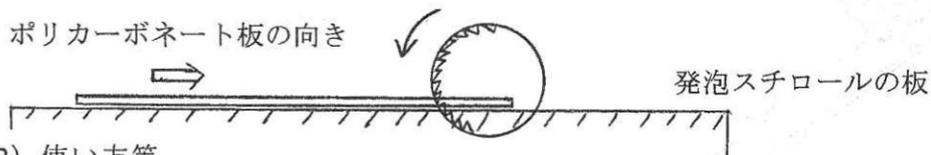
ポリカーボネート板 2×1000×2000[mm]、鋼球  
バインダークリップ (小さい物)、レール固定用板、鉄製スタンド他

### 3 方法・留意点

#### (1) ポリカーボネート板の加工

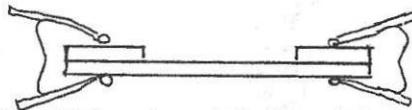
ポリカーボネート板は、「対衝撃強度・・・ガラスの約3000倍」というメーカーの宣伝にあるように、金槌でたたいても割れない素材である。

- ・約40×2000[mm]・・・1本と約10×2000[mm]・・・2本で1組とする。
- ・切断にはプラスチック用カッターを用いる方法もあるが、生徒実験用の数をそろえるには、電動のものを用いた方がよい。鋸はチップソー等の回転方向が下図のようになるものがよい。手持ち丸鋸は回転が逆のものが多く、この場合は板が浮き上がり事故につながるから要注意。(参考；アクリル板の場合は手持ち丸鋸で切断可能)



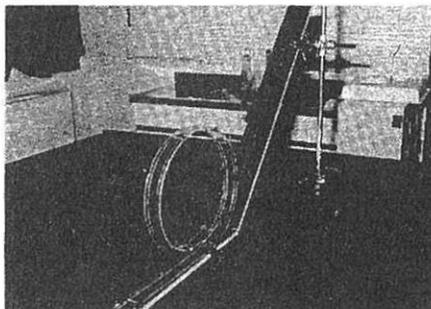
#### (2) 使い方等

- ・40[mm]板の両サイドに10[mm]板をのせ、クリップを用いて浮かないように止める。



- ・斜面・曲面・ループ等、板やスタンドなどで支えながら自由に形をつくる。
- ・10[mm]のものを、クリップで挟み直す。  
(従来プラスチックのカーテンレールなどを用いたりしていたが、リブが固定しているため、曲率が自由にならなかった。クリップで挟み直すことで、曲率が自由になるので便利)
- ・鋼球の大きさにより板の幅を変えてみるのもよいと思われる。

[例；斜面とループの組合せ]



## 16 力のモーメント（福田宏茂）

### 1 目的

力のモーメントを実感としてとらえる。

### 2 材料・準備物

おもり、握り棒

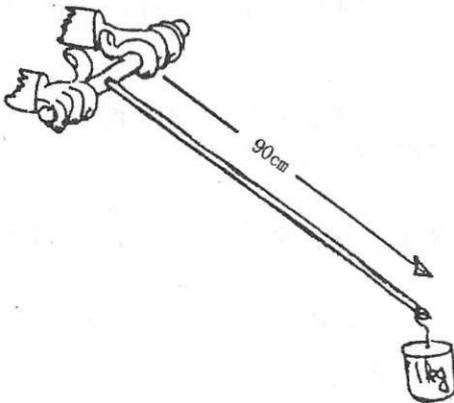
### 3 方法・留意点

1 kgのおもりを下図のように棒の先に吊るす。棒を鉛直から水平に向きを変えるにしたがって、おもりに働く重力のモーメントが増加していく。生徒がどのくらいの角度まで耐えられるか握力の限界を試してみる。

### 4 参考文献

デモンストレーション物理（大日本図書）

### 5 図



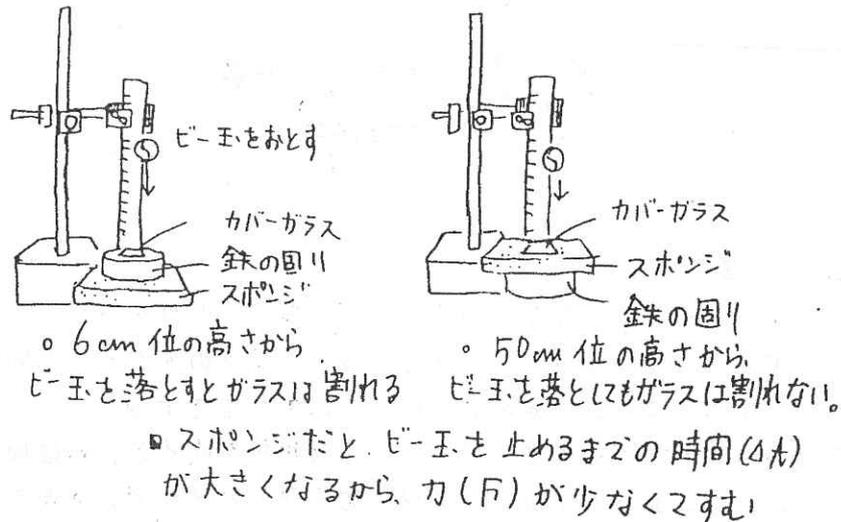
## 18 ガラスの割れる高さ

(高野哲夫)

・運動量の変化は力積に等しく、 $力 \times 力の加わっている時間$ であり、時間を大きくすると力が小さくなることをみる。

<方法>

1. スポンジの上に鉄の台を乗せ、その上にカバーガラスを置き、上からビー玉を落としてガラスが割れる高さを測る。
2. 鉄の台とスポンジを入れ替えスポンジの上にカバーガラスを置き、上からビー玉を落としてガラスの割れる高さを測る。



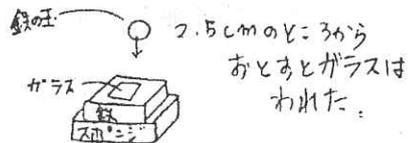
70 cm 割れた!!

森崎 敦子

20 cm 割れた!!

10 cm 割れた!!

2.5 cm 割れた!!



## 19 はねかえる台車の衝突

(高野哲夫)

・完全弾性衝突で2つの物体の質量が同じ場合には、衝突後2つの物体の速度が入れ替わることを見る。

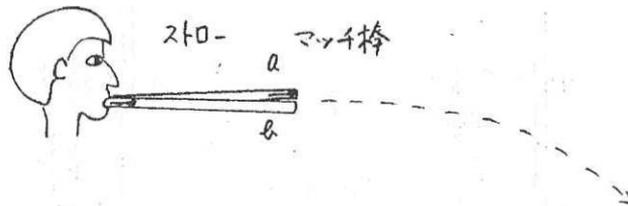
・運動量保存の法則から速度を予測し確かめる。

- ・ 力積と運動量の関係  $F \Delta t = m v' - m v$  から速度  $v$  をみていく。
- ・ 仕事と運動エネルギー  $F s = 1/2 m v^2$  から速度  $v$  をみていく。

<方法・その1>

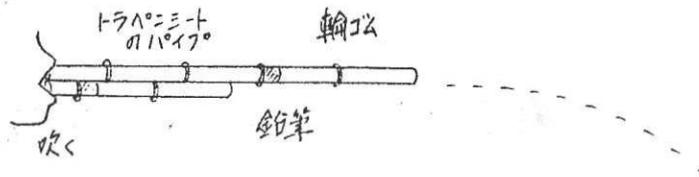
問題 2本のストローの一方には先端に他方には元にマッチ棒を入れて同時に吹くと、どちらがよく飛ぶだろうか。

- 予想
- 先端に置いた方(a)
  - 元に置いた方(b)
  - どちらもほとんど差異はない

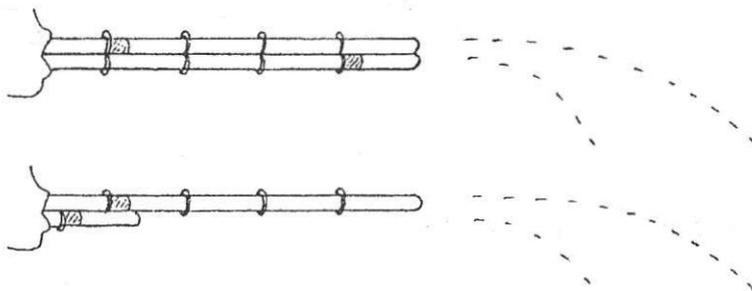


<方法・その2>

1. TPシートを巻き、鉛筆が通るパイプを作り、セロテープで固定する。さらに、半分の長さや4分の1の長さのパイプも作る。パイプの先から一定間隔ごとに輪ゴムを巻いて目印とする。また、一定の短く切った鉛筆を用意する。
2. 同じ長さのパイプの同じ位置から切った鉛筆を吹くと、ほぼ同じ距離に落ちることを確かめ、次に、長さが半分のパイプと切らないパイプで、先から同じ位置に鉛筆を置いて吹くと、ほぼ同じ距離を飛ぶことをみる。



3. 2本の切らないパイプの先から4:1の位置に鉛筆を置いて吹くと、飛ぶ距離の比はほぼ2:1となることを確かめる。

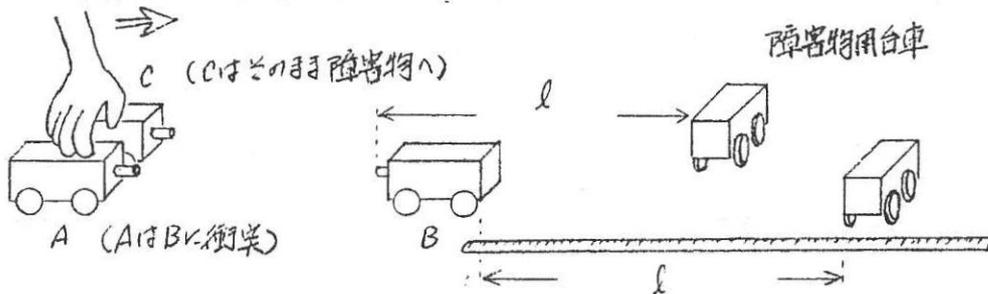


<参考文献>

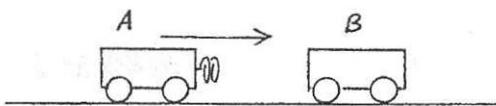
- 「ふき矢の力学」 難波継男 やさしくて本質的な理科実験2 評論社  
 「吹き矢コンクール」中川礼二・飯田洋治 いきいき物理わくわく実験 新生出版

<方法>

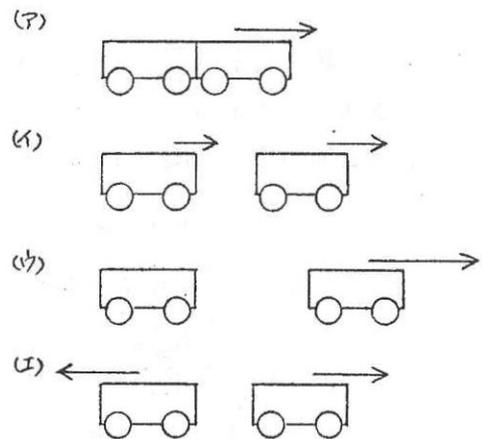
1. 運動量保存の法則より、始めの速度と後の速度が入れ替わることを求めていく。
2. 衝突後の速度は始めの速度と入れ替わっていることを別の台車を同時に走らせ、同じ距離を動いた時間でみていく。
3. 2つの台車の質量を替えて衝突させ、速度が入れ替わっていないことをみる。



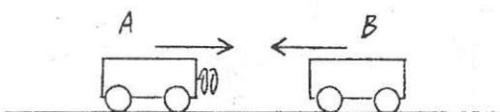
問題1 2つの同じ質量の台車A, BのうちBを静止させておき、Aを一定の速さにしてぶつけます。衝突後A, Bの速度はどうなるでしょうか。



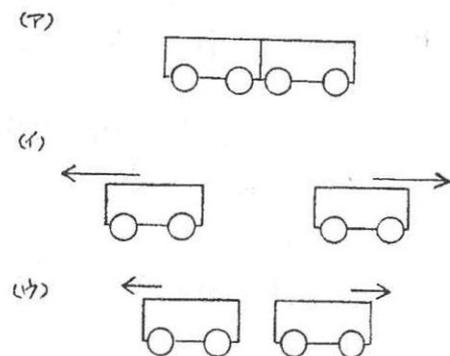
- 予想
1. 2つが一緒にくっついて動く。
  2. A, Bとも別々に右に動く。
  3. Aは止まり、Bは動く。
  4. Bは右に、Aは左に動く。



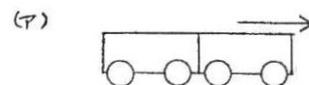
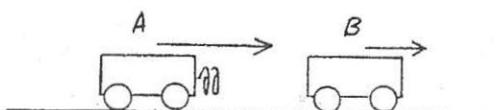
問題2 今度は2つの台車を左右から同じ速さでぶつけて正面衝突させます。衝突後A, Bの速度はどうなりますか。



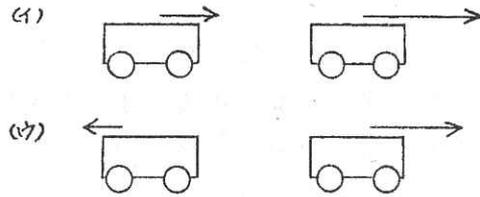
- 予想
1. くっついて止まる。
  2. 同じ速さではねかえる。
  3. はねかえるが、速さが遅くなる。



問題3 今度は同じ方向に動かして追突させたらどうですか。



- 予想 7. くっついて動く。  
 イ. 速さが入れ替わる。  
 ウ. 速さが変わってはねかえる。



<参考文献>

「運動量・力学的エネルギー授業書」 東京高校物理サークル編 '85科教協岡山大会資料

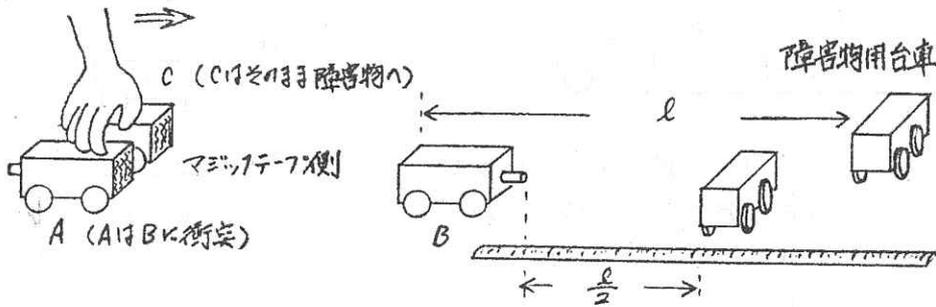
## 20 くっつく台車の衝突

(高野哲夫)

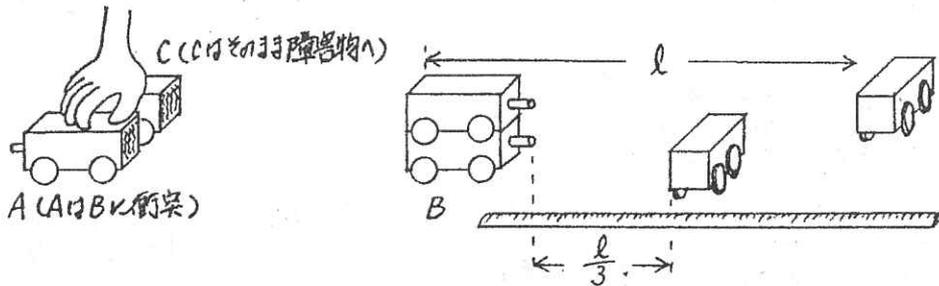
・運動量保存の法則から速度を予測し確かめる。

<方法>

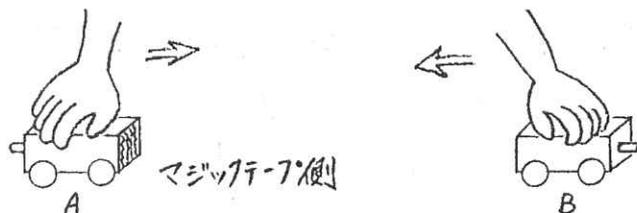
1. 同じ質量の台車A, Bのうち、Bを静止させておき、Aを一定の速さでぶつける。衝突後A, Bの台車がくっついて動くときの速さがAの速さの1/2となることを運動量保存の法則から求め確かめる。



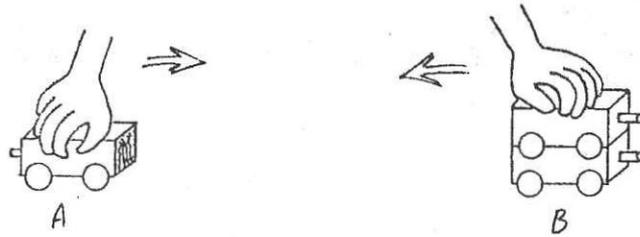
2. Bの台車をAの台車の2倍の質量にして静止させておき、Aをぶつける。衝突後A, Bがくっついて動くときの速さはAの速さの1/3となることを確かめる。



3. A, Bの台車を左右から同じ速さでぶつけて正面衝突させると、衝突後は止まるとを確かめる。
4. Bの台車をAの台



車の2倍の質量にして、AとBの台車を左右から同じ速さでぶつけて正面衝突させると、BからAの方向へ動く。



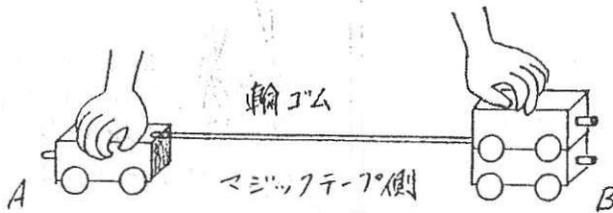
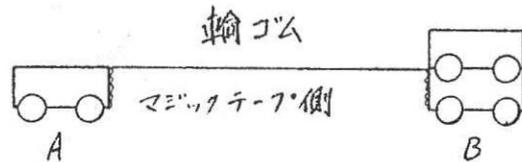
## 21 ゴムで引っ張り合ったくっつく台車の動き

(高野哲夫)

・力積は運動量の変化に等しい  $F \cdot \Delta t = m v' - m v$  の式および運動量保存の法則を検証する。

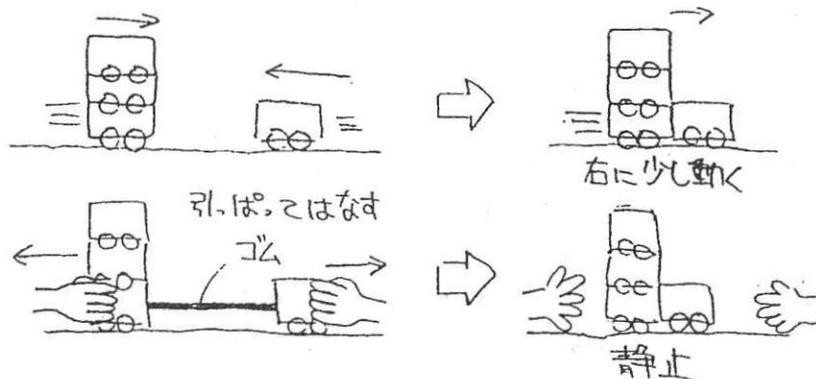
問題1 Bの台車をAの台車の2倍の質量にして、AとBの台車をお互いにマジックテープ側にし、衝突するとくっつくようにして、輪ゴムで連結する。A、Bを離しておいて両手を離すと、衝突後A、Bくっついたものはどちらの方向に動くか。

- 予想
- ア. AからBの方向
  - イ. BからAの方向
  - ウ. どちらにも動かない



問題2 Bの台車をAの台車の3倍の質量にして、問題1と同じように衝突すると、衝突後A、Bくっついたものはどちらの方向に動くか。

- 予想
- ア. AからBの方向
  - イ. BからAの方向
  - ウ. どちらにも動かない



<参考文献>

「ひと目でわかる運動量」 高橋賢二 いきいき物理わくわく実験 新生出版

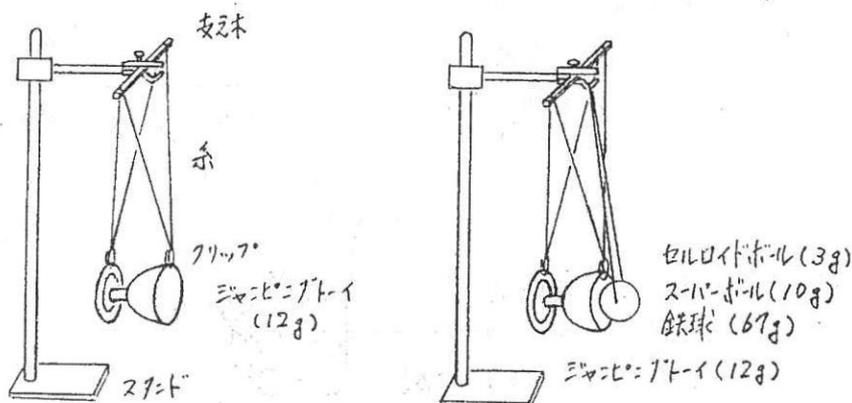
## 22 つるしたジャンピングトイ

(高野哲夫)

- ・ジャンピングトイの運動を決めるのは、内力ではなく、外力であることをみる。
- ・力は同じでも、質量が異なると動き方が異なり、運動の法則や運動量保存の法則を理解していく。

<方法>

1. ジャンピングトイを机に置いて、飛ばす。
2. ジャンピングトイを糸で吊るし、吸盤がはずれたときにどちら側に飛び出すかを予測し、確かめる。
3. ジャンピングトイを糸で吊るし、これに接するように、セルロイドボール、スーパーボール、鉄球などを吊るして、どちらが飛び出すかをみる。



<参考文献>

「ジャンピングトイを使った実験」 長野勝 '84県教研資料

「使いものになるジャンピングトイ」 長野勝 いきいき物理わくわく実験 新生出版

「ジャンピングトイで作用反作用」 五味千成 やさしくて本質的な理科実験3 評論社

## 23 転がる球と台の動き

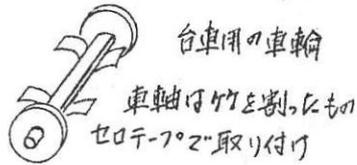
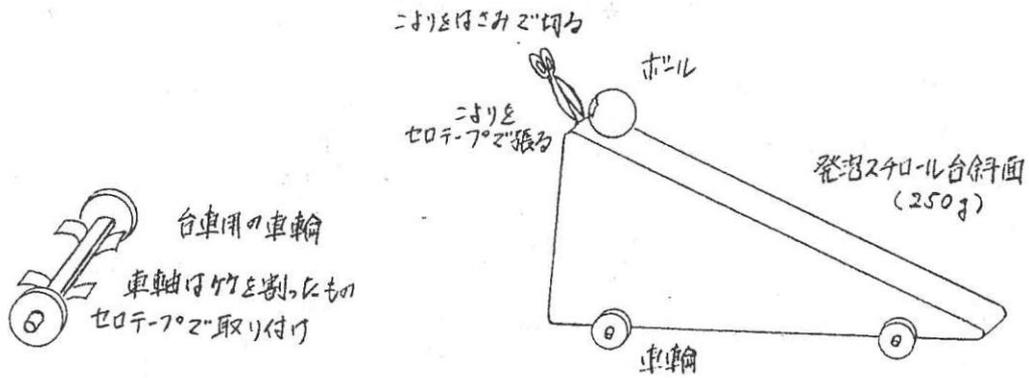
(高野哲夫)

- ・作用・反作用がはたらくことをみる。
- ・運動量保存の法則が成り立つことをみる。

<方法>

厚みのある三角形の発泡スチロールの台の下に車輪を取り付け上部にはボールをセロテープとこよりで発泡スチロールの台につなぐ。こよりをはさみやマッチで焼き切るとボー

ルは斜面に沿って落ちていくと同時に台は反対方向に動いていく。



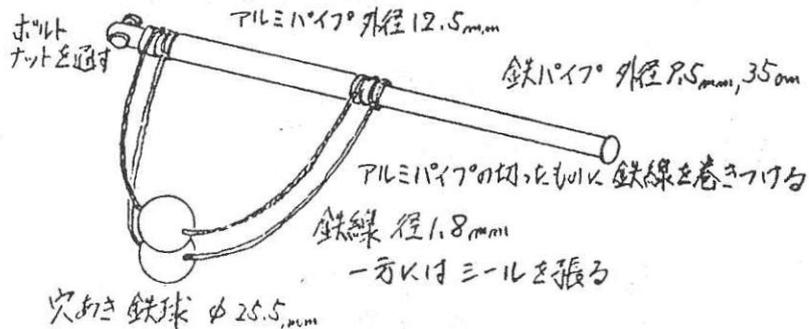
## 24 回転衝突

(高野哲夫)

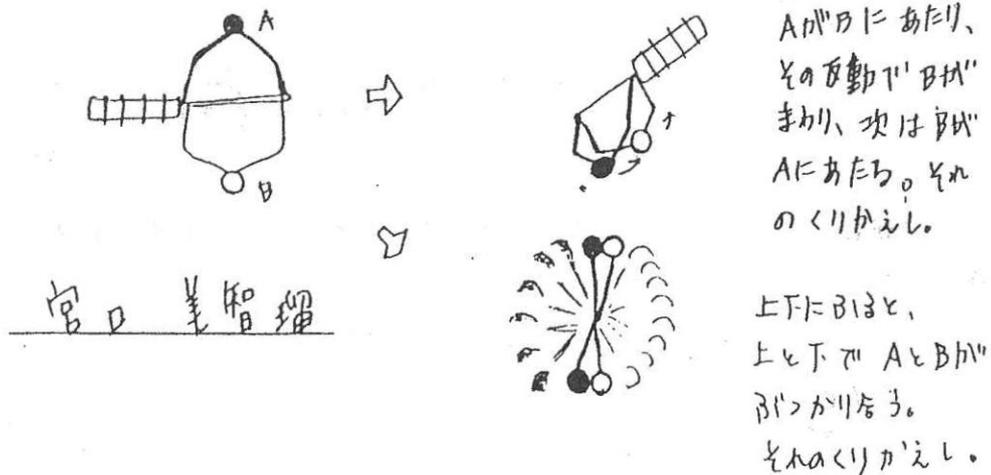
・軸の回りを回転する2つの衝突球の動きは衝突ごとに止まっている球と動いている球とが交互に入れ替わる。

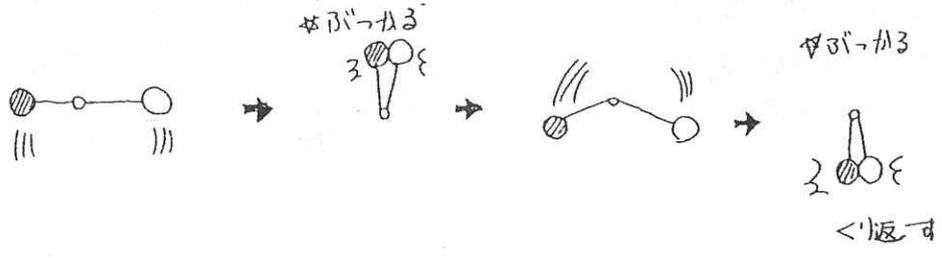
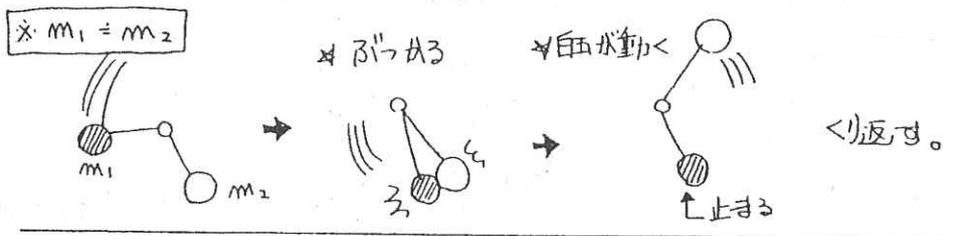
<方法>

1. 次の図のように、軸の回りの2個の回転球を作る。



2. 球を軸の回りに回転させると、衝突ごとに動きが入れ替わる。



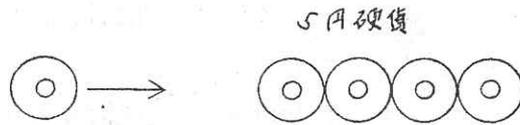


25 コインを使った衝突

(高野哲夫)

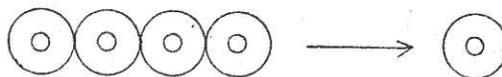
・弾性衝突と運動量保存の法則が成り立っていることをみていく。

問題1 5円硬貨を1列に4つ並べ、そこに他の5円硬貨をはじいて衝突させる。硬貨は  
どうなるでしょうか。



- 予想
- ア. ぶつけられた4個がはじき飛ばされる。
  - イ. ぶつけられた4個のうちの先頭がはじき飛ばされる。
  - ウ. ぶつかったところで止まり、5個並ぶ。
  - エ. ぶつかった方が跳ね返される。
  - オ. その他

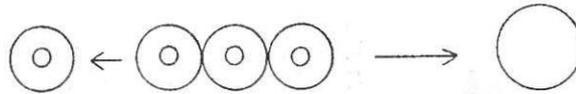
結果



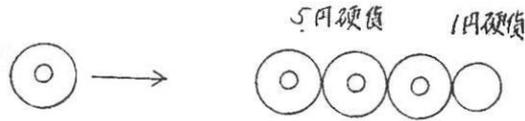
問題2 5円硬貨3枚と500円硬貨を1列に並べ、そこに5円硬貨を衝突させるとどう  
なるでしょうか。



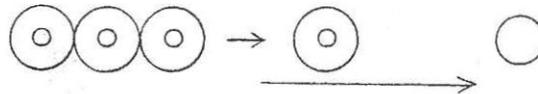
結果



問題3 5円硬貨3枚と1円硬貨を1列に並べ、そこに5円硬貨をぶつけると、どうなるでしょうか。



結果



<参考文献>

「コインを使った衝突のパズル」 福島肇 '86物理教育Vol.34

## 26 同じ重さの衝突球

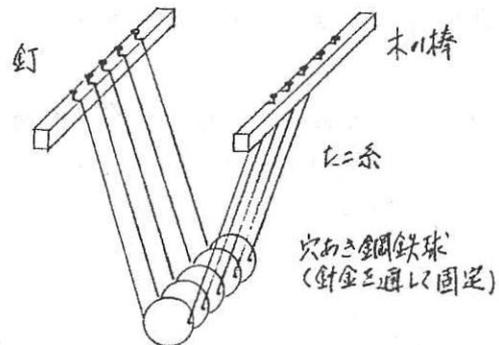
(高野哲夫)

<ねらい>

完全弾性衝突と運動量保存の法則をみていく。

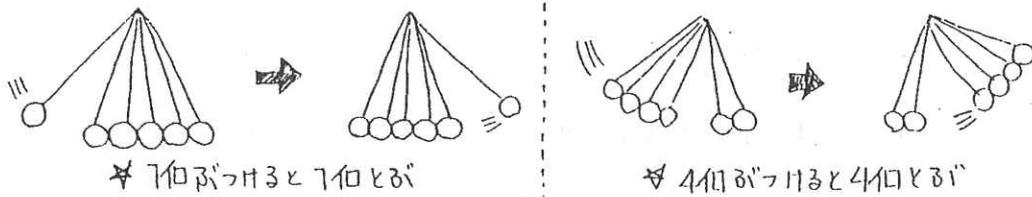
<方法・その1>

1. 穴開き鉄球に糸を通し、針金を通して固定する。糸の両端を2本の木の棒に打った釘にかける。同様に、数個の鉄球が接して並ぶように、糸の長さを調節し、順次釘に掛けていく。



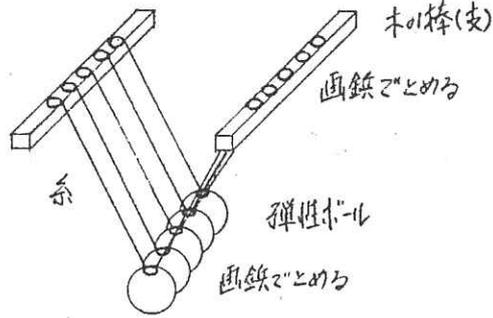
2. 木の棒を2つのスタンドにそれぞれ取り付ける。

- 問題1 鉄球のうち1個を持ち、他の鉄球に衝突させるとどうなるでしょうか。
- 問題2 2個を衝突させるとどうなるでしょうか。
- 問題3 4個を衝突させるとどうなるでしょうか。
- 問題4 両端の鉄球を1個ずつ持ち、同時に衝突させると、どうなるでしょうか。
- 問題5 両端の鉄球を2個ずつ持ち、衝突させるとどうなるでしょうか。
- 問題6 両端の鉄球のうち一方を1個、他方を2個持ち、同時に衝突させるとどうなるでしょうか。
- 問題7 両端の鉄球のうち一方を1個、他方を3個にして衝突させるとどうなるでしょうか。



<方法・その2>

1. 弾性ボール5個を糸で下げ、木の棒に吊るす。糸の長さをそろえてボールが接して並ぶようにする。5個の弾性ボールのうち何個かを他のボールに衝突させて、衝突後同じ個数のはじき飛ばされることを示す。
2. 非弾性ボール5個で同様にして衝突させると、衝突後全体が一緒に動くことを示す。



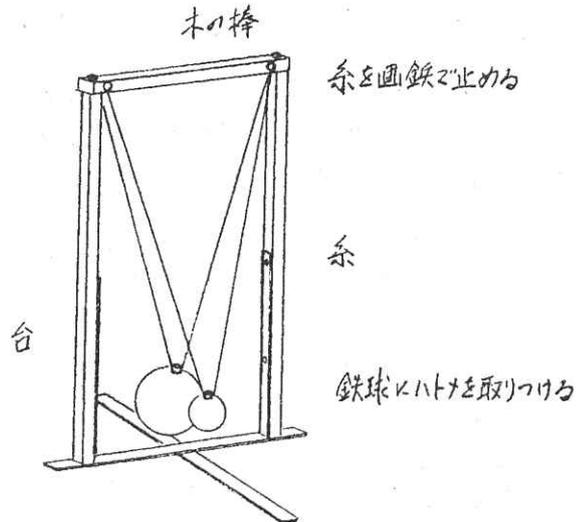
27 重さの異なる振り子の衝突

(高野哲夫)

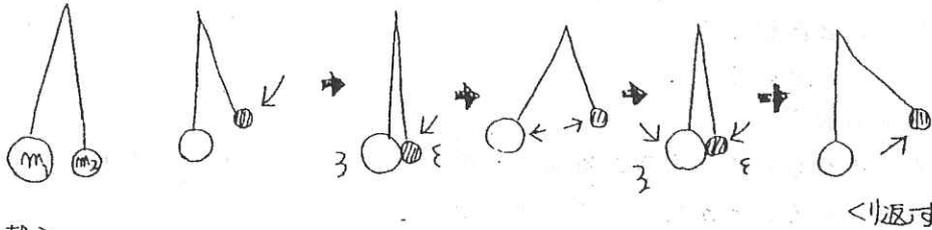
- ・ 静止している振り子に他の振り子を衝突させると、2度目の衝突で再び元の状態に戻り、静止していた振り子は再び静止する。
- ・ 1度目の衝突ではおもりの質量比によって速さが異なることをみる。

<方法>

1. 各質量の鉄球に穴の開けたハトメをボンドで接着する。ハトメの穴に糸を通して、木の棒の両端に2つの鉄球を下げて、球の中心どおしが衝突するようにする。
2. 台に取り付け、一方の球を静止し、他方を衝突させて、1回目2回目の球の動きをみる。



$$m_1 > m_2$$



<参考文献>

「止まるは宿命可逆の衝突」 川勝博 いきいき物理わくわく実験 新生出版

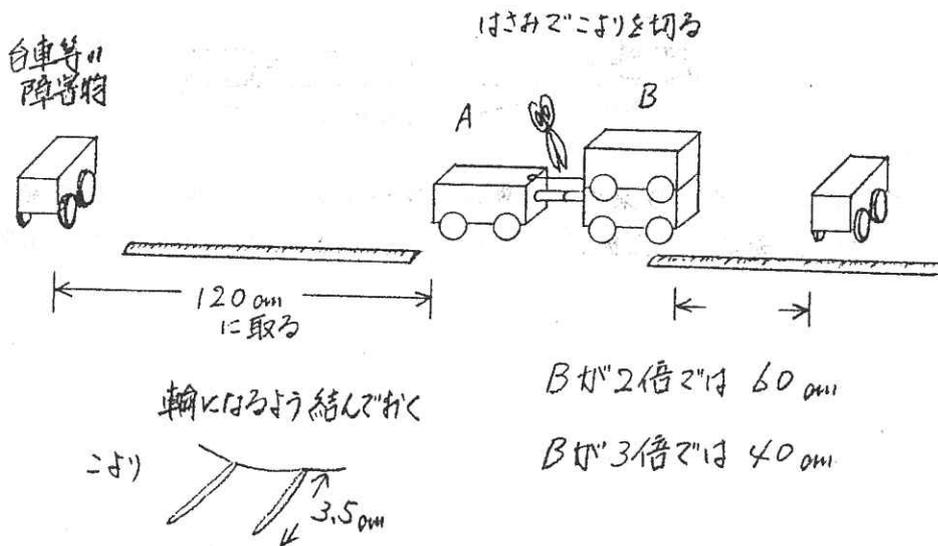
## 28 バネで離れる台車の速さ

(高野哲夫)

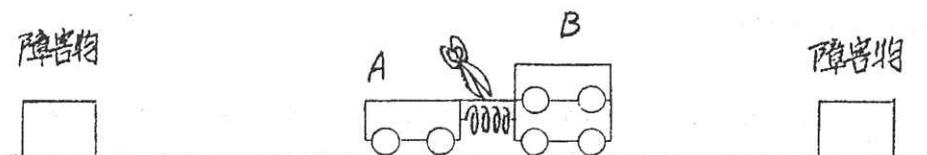
- ・バネで台車に分かれるときには、運動量保存の法則が成り立っていることを確かめる。
- ・力積と運動量の変化から予測し、確かめる。

<方法>

1. 2組の台車の間のバネを縮めて糸でつなぐ。また、机には障害物を置いておく。
2. 2組の台車の質量を他の2倍3倍にしていくと、2組の台車が離れた後障害物に同時に衝突するように置き、速さを比べる。

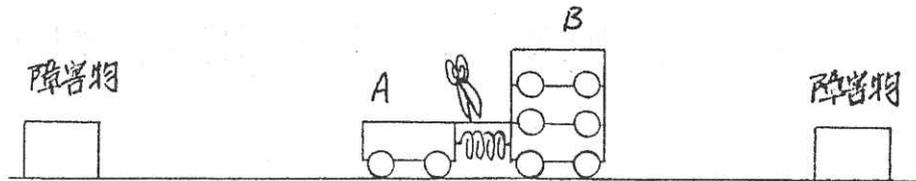


問題1 AとBの台車があり、Bの台車の質量はAの台車の質量の2倍になっています。AとBの台車の間にバネを縮めて入れ、糸で止めます。糸を切るとバネが伸び、Aが走った時間にBはAの何倍の距離を走ることができるでしょうか。

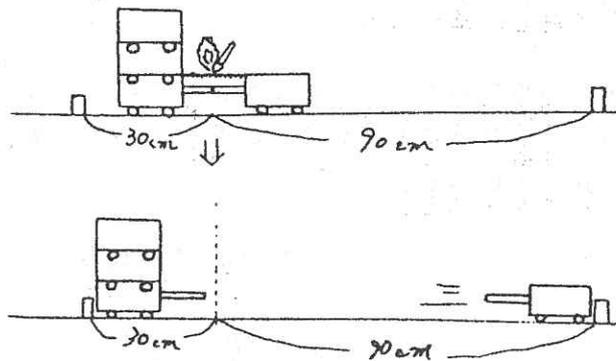


- 予想 7. Aと同じだけ動く  
 イ. Aの2倍動く  
 ウ. Aの半分動く  
 エ. その他

問題2 Bの台車の質量がAの台車の質量の3倍になったら、Aが走った時間にBはAの何倍の距離を走ることができるでしょうか。



- 予想 7. Aと同じだけ動く  
 イ. Aの3倍動く  
 ウ. Aの1/3動く  
 エ. その他



<参考文献>

「運動量・力学的エネルギー授業書」 東京高校物理サークル編 '85科教協岡山大会資料  
 「ひと目でわかる運動量」 高橋賢二 いきいき物理わくわく実験 新生出版

29 バネでつないだ台車の動き

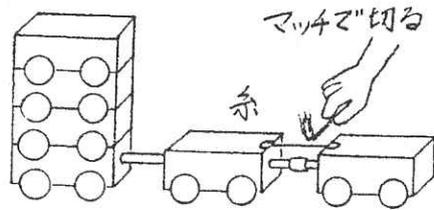
(高野哲夫)

・物体の運動を決めるのは物体が加えた力ではなくて、物体が他から受ける力であることをみる。

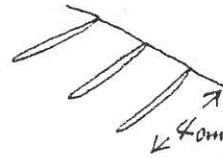
・作用・反作用をみていく。

<方法>

2台の台車を離れないようにバネの軸をつないでおき、バネにかける糸を用意しバネを縮めて糸でつなぐ。糸はマッチで焼き切る。

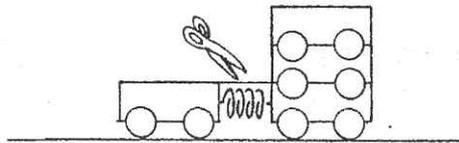
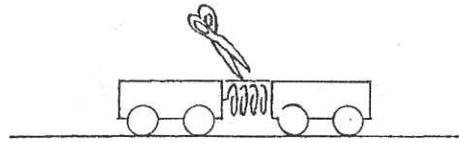


糸は子め輪にならざる  
結んでおく



台車と重ねる 台車の棒をビニールテープでつなぐ

問題1 2台の台車を離れないようにバネでつなぎ、バネを縮めて糸でつなぐ。糸を切っても台車はどちら側へも移動しません。それでは、右側を3台の台車にすると、どちら側に移動するでしょうか。



- 予想
- ア. 右側へ移動
  - イ. 左側へ移動
  - ウ. どちら側へも移動しない

結果 ウ. どちら側へも移動しません

問題2 2台のバネでつないだ台車に接して別の台車を1台置きます。バネを縮めている糸を切ると、バネでつないだ台車はどちら側に移動するでしょうか。

- 予想
- ア. 右側へ移動
  - イ. 左側へ移動
  - ウ. どちら側へも移動しない

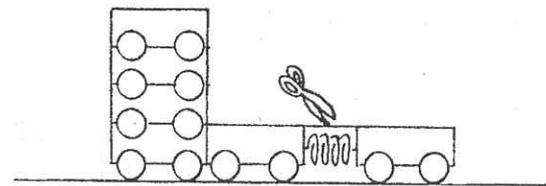
結果 ア. 右側へ移動します。



問題3 2台のバネでつないだ台車に接して台車を4台重ねて置きます。バネを縮めている糸を切ると、バネでつないだ台車は問題2の1台を置いたときと比べてどれだけ移動するでしょうか。

- 予想
- ア. 1台のときより多く移動
  - イ. 1台のときとほとんど同じだけ移動
  - ウ. 1台のときより少ない

結果 ア. 1台のときより多く移動します。



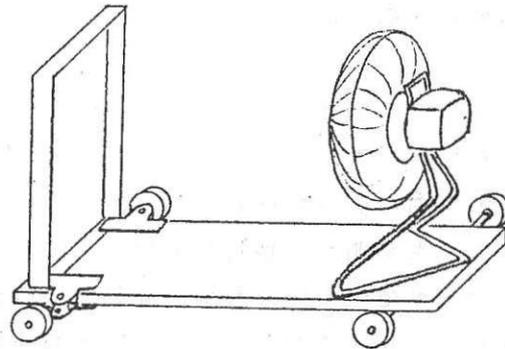
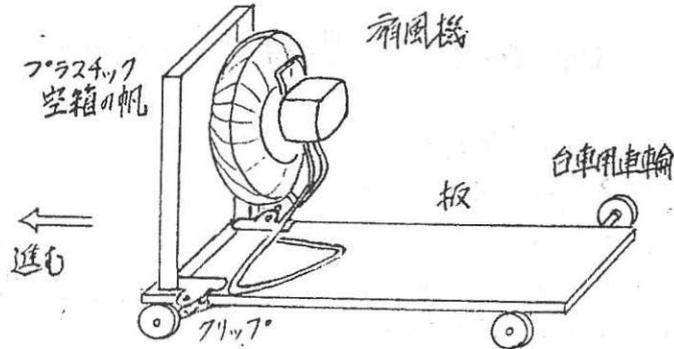
### 30 風で動く車はどちらに動くか

(高野哲夫)

- ・作用・反作用だけでは考え難く、意外性をみる。
- ・系全体の運動量をみることで、単純に理解できることをみる。

<方法>

1. 板に車輪を取り付け扇風機を乗せて風を送ると、車は風と反対方向に動く。
2. 扇風機の近くに空箱の帆を車に張って、風を当てると、風の当てた方向に車は進む。
3. 扇風機を帆から離して乗せると、風の当てる方向と反対向きに進む。
4. 扇風機を途中に置くと、どちらにも動かない。



<参考文献>

「船はどちらに動く？」 林熙崇 いきいき物理わくわく実験 新生出版

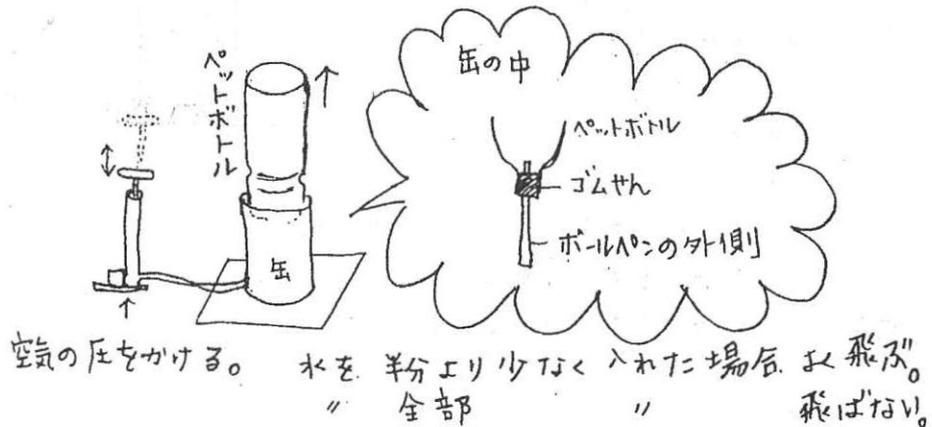
### 31 水ロケット

(高野哲夫)

- ・水の噴射とPETボトルの運動量保存の法則としてみる。
- ・力の作用反作用としてみる。

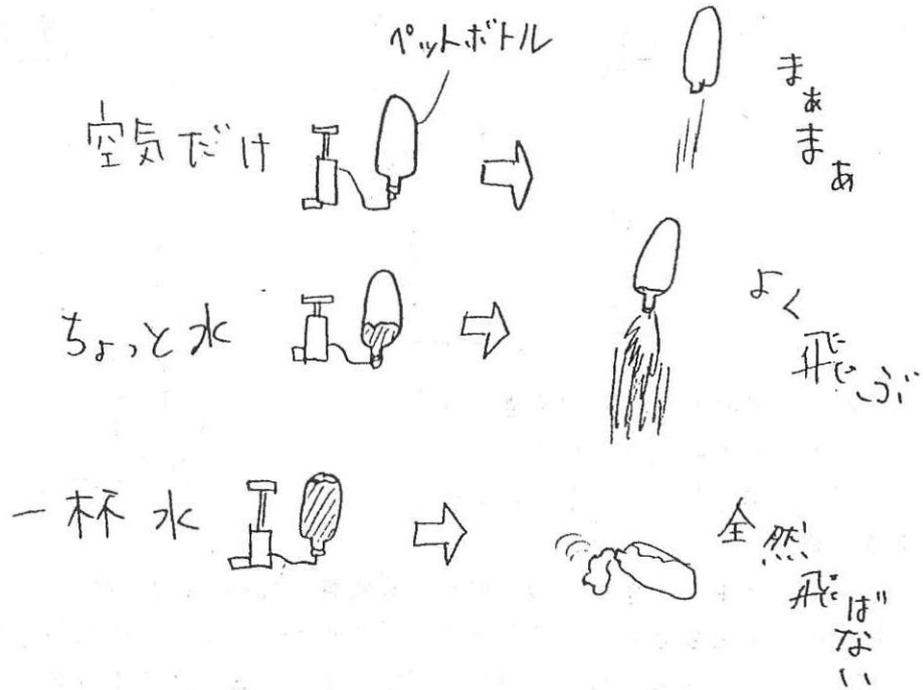
<方法>

1. PETボトルに水を1/3から1/4ほど入れて自転車の空気入れで空気を押し込む。ボトルのゴム栓がはずれて、ボトルが勢いよく飛ぶ。



ペットボトルの底が「まるいものの方が」、圧をかけた時に変形しやすいので「適切」である。

2. ボトルに水を満たした場合や空の場合と比べる。



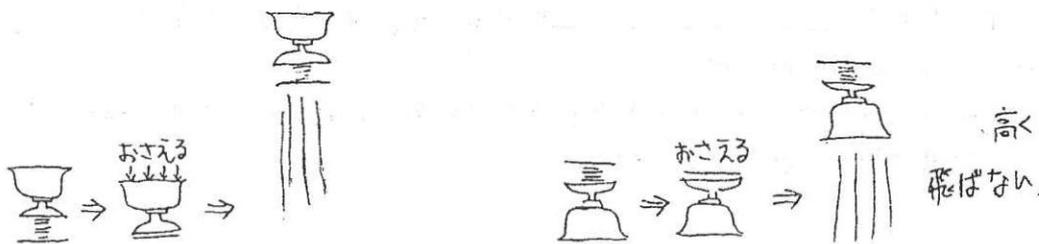
### 32 どちらのジャンピングトイがたくさん飛ぶか

(高野哲夫)

- ・運動量保存の法則をみていく。
- ・作用・反作用があることとその大きさをみる。

問題1 ジャンピングトイをそのまま飛ばすと、1 m位飛び跳ねます。

それでは、ジャンピングトイを逆さにして飛ばすと、そのまま飛ばした場合と比べてどのくらい飛ぶでしょうか。



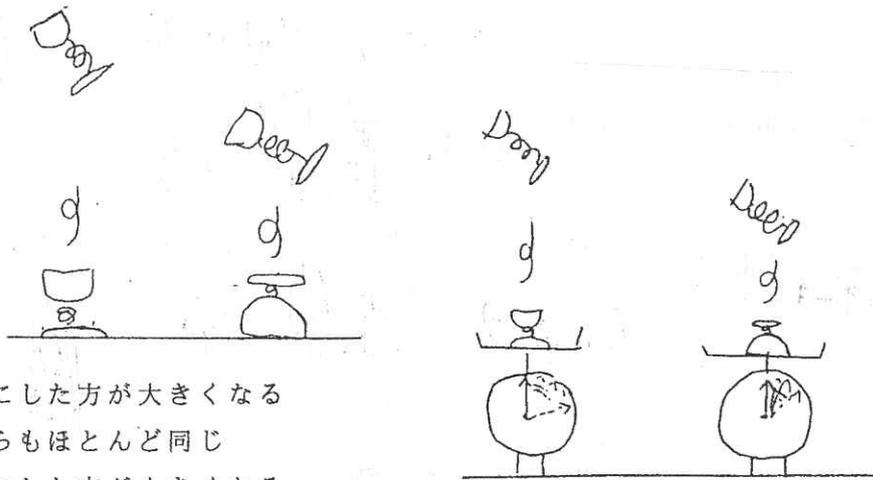
予想 7. そのまま飛ばしたときよりたくさん飛ぶ

イ. そのまま飛ばしたときとほとんど同じ

ウ. そのまま飛ばしたときより少ない

問題2 ジャンピングトイを台ばかりに乗せて、飛び上がる時の台ばかりの目盛りを量ることにします。

それではジャンピングトイを逆さにして台ばかりに乗せ、飛び上がる時の台ばかりの目盛りは逆さにしないで飛んだときと比べてどうでしょうか。



- 予想
- ア. 逆さにした方が大きくなる
  - イ. どちらもほとんど同じ
  - ウ. 逆さにした方が小さくなる

<参考文献>

「ジャンピングトイを使った実験」 長野勝 '84県教研資料

「使いものになるジャンピングトイ」 長野勝 いきいき物理わくわく実験 新生出版

「ジャンピングトイで作用反作用」 五味千成 やさしくて本質的な理科実験3 評論社

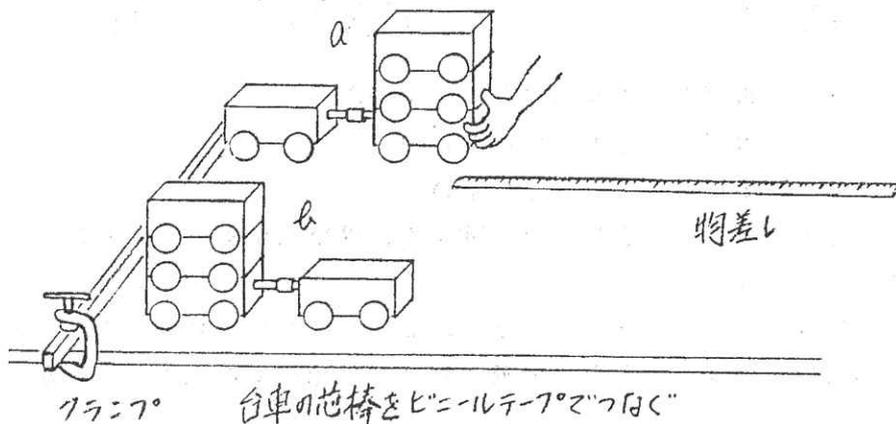
### 33 前が重い台車・後ろが重い台車の動き

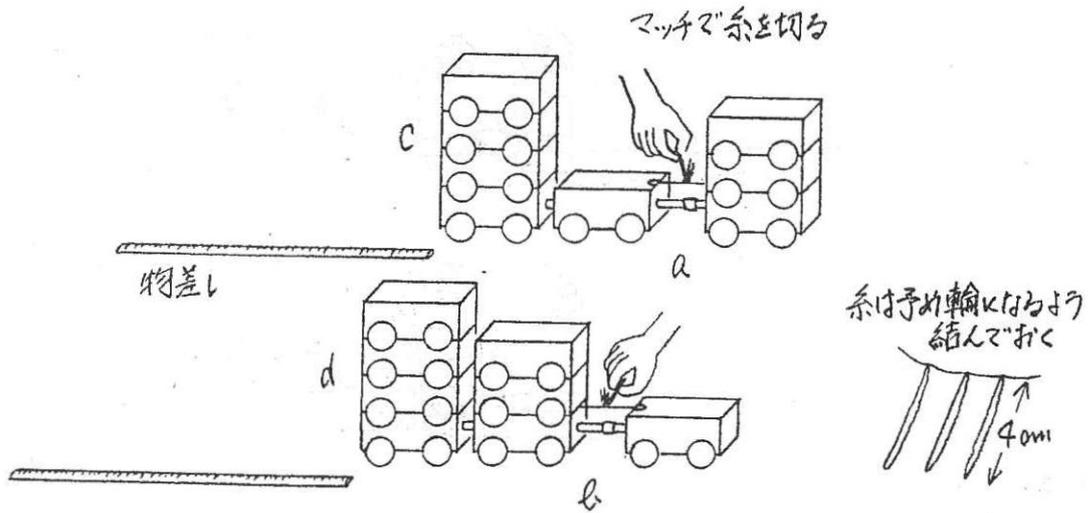
(高野哲夫)

- ・ジャンピングトイを飛ばす実験と同じ内容の実験としてみるができる。
- ・運動量保存の法則をみていく。
- ・作用反作用の力があることとその大きさをみる。

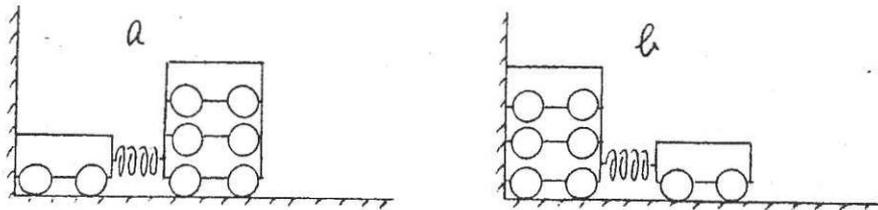
<方法>

1. 2台の台車を離れないようにバネの軸をつないでおき、バネにかける糸を用意しバネを縮めて糸でつなぐ。また、机には棒を固定しておく。
2. 前を重くした台車と後ろを重くした台車の場合で、台車を棒に接触させて、糸をマッチで焼き切って進む距離を測る。
3. 前を重くした台車と後ろを重くした台車の場合で、台車を別の台車に接触させて、糸をマッチで焼き切って進む距離を測る。

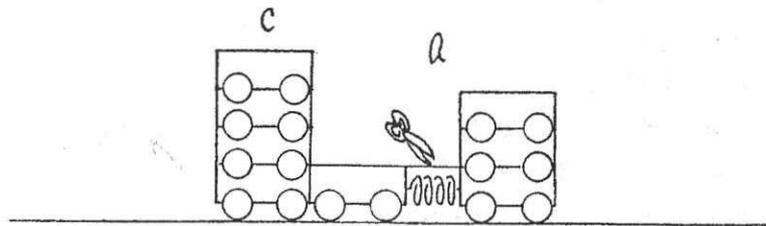




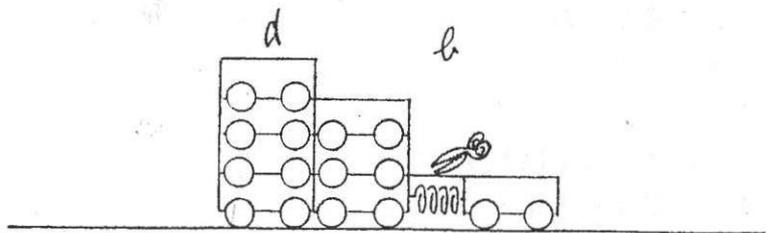
問題1 図のaとbはともに台車がバネで連結されています。台車を壁に押すようにしてバネを縮めておき、手を離すとa, bどちらの台車がたくさん進むでしょうか。



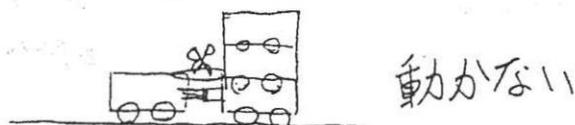
- 予想
- ア. aの台車
  - イ. bの台車
  - ウ. aの台車もbの台車もほとんど同じ

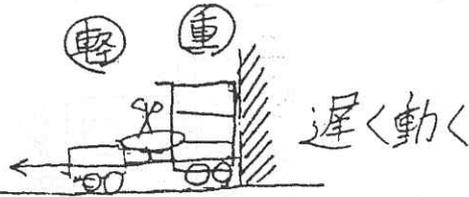
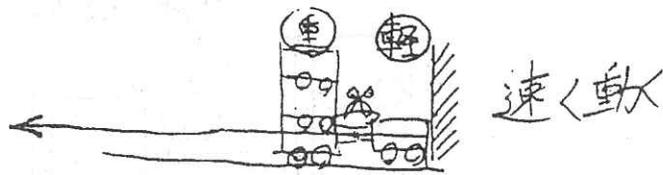


問題2 前のa, bの台車を別の台車c, dに接するようにして置き、バネを縮めて糸でつなぐ。糸を切るとc, dの台車のどちらがたくさん進むでしょうか。



- 予想
- ア. cの台車
  - イ. dの台車
  - ウ. cとdはほとんど同じ





<参考文献>

「使いものになるジャンピングトイ」 長野勝 いきいき物理わくわく実験 新生出版  
 「教えるに値する教育内容と方法を求めて」 岐阜物理サークル '85科教協岡山大会  
 ナイター資料

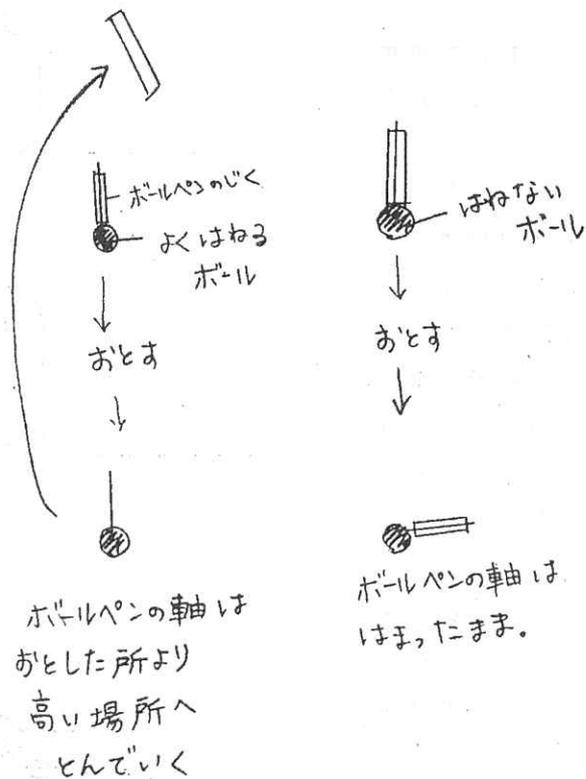
34 ボールペンロケット

(高野哲夫)

・スーパーボールにボールペンの芯を差し込み、落として一緒に通してある外軸を高くまで跳ね上げる。

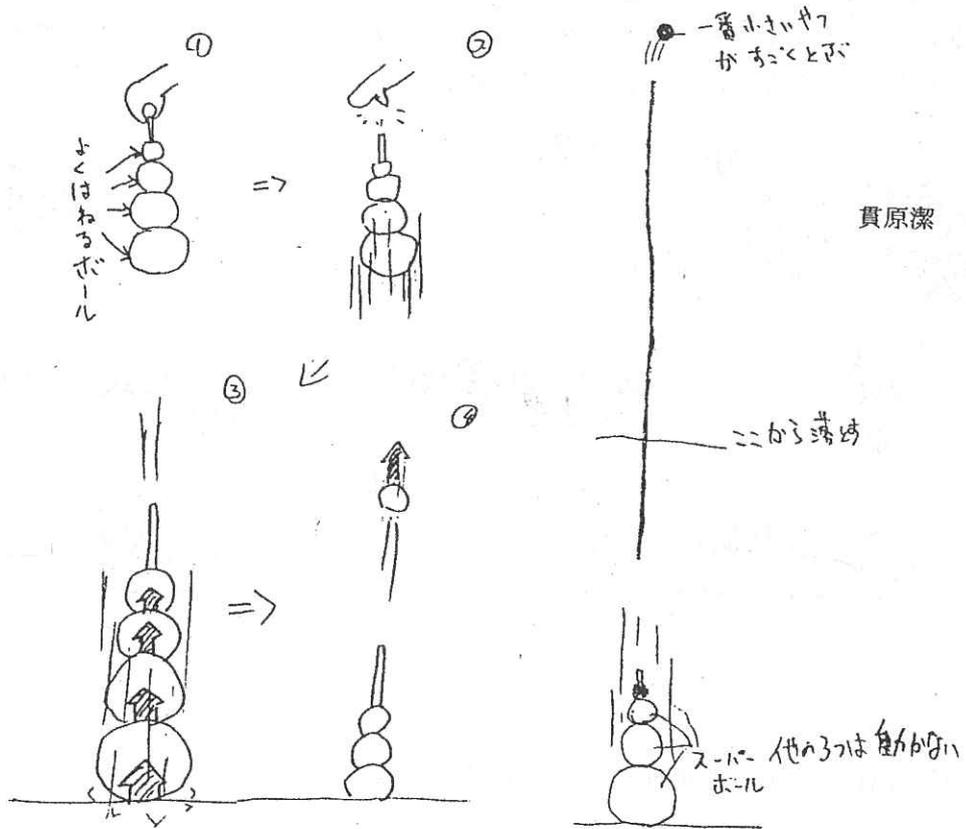
<方法・その1>

1. 弾性ボールと非弾性ボールに穴を開けボールペンの芯を差し込む。芯には外軸の先を取り除いて通しておく。
2. 非弾性ボールのボールペンの芯の先を持って、落としても跳ね返ることがなく止まる。
3. 弾性ボールでは落とすと跳ね返って、ボールペンの外軸は落とす高さ以上に跳ね上がり、天井まで達するようになる。



<方法・その2>

何段かにスーパーボールを軸を通してある市販のおもちゃを落とすと、一番上の小さなボールだけがたいへんよく飛ぶ。



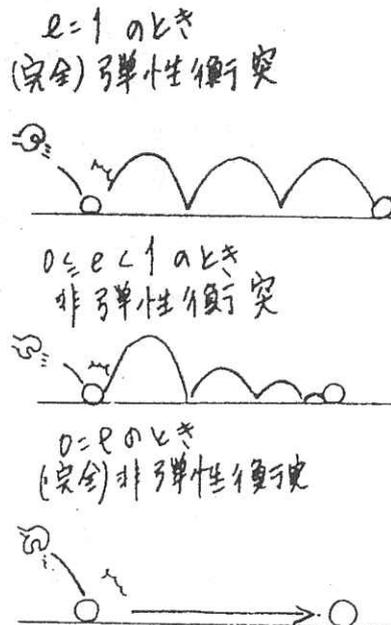
35 弾性・非弾性ボールの跳ね返り

(高野哲夫)

- ・弾性ボール・完全非弾性ボールを使って跳ね返りをみていく。
- ・非弾性ボールは跳ね返った後も水平成分が保たれていることをみる。

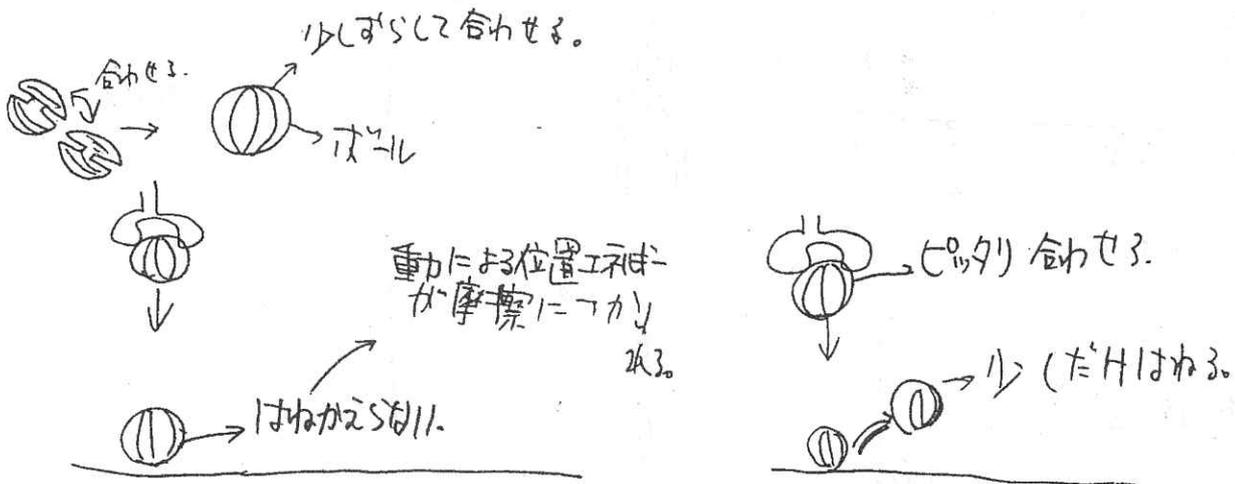
<方法・その1>

1. 自由落下させて、跳ね返りのようすをみる。
2. 斜めに投射させて床との衝突後のようすをみる。



<方法・その2>

組み合わせボールの組み合わせを少しずらして落下させるとボールは跳ね返らないが、ぴったり合わせて落下させると少しだけ跳ね返る。



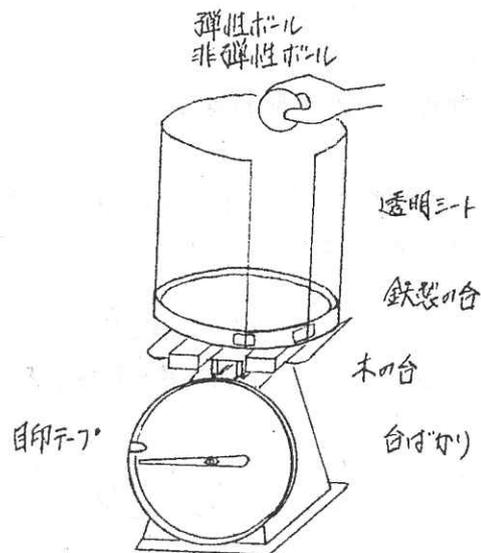
36 弾性ボールと非弾性ボールの衝突時の力

(高野哲夫)

・弾性ボールは非弾性ボールより衝突時の力が大きいことをみる。

<方法>

1. 台ばかりに鉄製の台を置き、ボールを乗せたときの目盛りに印を付ける。
2. 弾性ボールと非弾性ボールをそれぞれ鉄製の台に同じ高さから落とすときに、どちらのボールの方が台ばかりの目盛りは大きく振れるかをみる。



問題 弾性ボールと非弾性ボールとはどちらの方が衝撃が大きいだろうか。

- 予想
- ア. 弾性ボールの方
  - イ. 非弾性ボールの方
  - ウ. どちらも同じ

<参考文献>

「反正ボール」 板倉聖宣 ものづくりハンドブック 仮設社  
 「はずむボール・はずまないボール」 近沢秀光 いきいき物理わくわく実験 新生出版

### 37 手軽なボイルの法則の検証実験 (地元 頭)

#### 1 目的

ボイルの法則を手軽に教師実験で検証し、生徒の理解を深める。

#### 2 用具

高真空保存容器エアーフレッシュTF-1L, 携帯用高度計・気圧計(600hPa~1040hPa), 目盛り付き試験管, ストロー, シャボン液

#### 3 方法・留意点

高真空保存容器を用いて、減圧の際の圧力と気体の体積を測定する。

##### 実験方法

- ① 試験管に空気を封入する。封はストローを用いてシャボン膜とする。膜が見やすいように、シャボン液に赤インクをいれるとよい。(図1)  
ストローにシャボン液をつけ、試験管内の適当な位置にストローを差し込み、シャボン玉を作る要領でストローを吹けば膜ができる。
- ② ①の試験管と気圧計をエアーフレッシュの中に入れ蓋をする。(図2)
- ③ エアーフレッシュの中の空気を真空ポンプで静かに抜いて、約650hPaまで減圧する。
- ④ エアーフレッシュのPUSHボタンを押し、空気を入れながら加圧し、圧力とそのときの気体の体積(膜の位置)を測定する。
- ⑤ 大気圧になるまで④を繰り返す。

図1

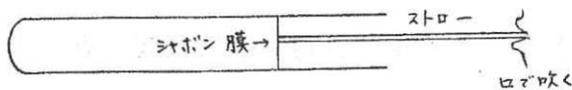
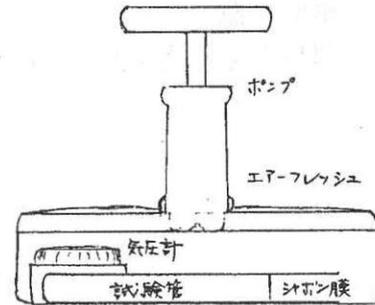


図2



#### 4 高真空保存容器エアーフレッシュTF-1L (容器サイズ 257 mm × 215 mm × 108 mm)

¥2,700 加藤産業株式会社 郵便955 新潟県三条市由利13-3

電話 0256-33-1105 FAX 0256-33-1672

エンベックス アルチ・パロ・高度計(携帯用高度・気圧計) ¥3400

(中村理科機器)

#### 5 参考データ

圧力 (hPa)	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050
体積 (ml)	26.0	24.0	22.3	20.9	19.6	18.4	17.4	16.5	15.6
圧力×体積比	1	0.994	0.990	0.989	0.986	0.980	0.978	0.976	0.969

(H9.9.5 気温 27.8 °C)

## 38 ミニ空き缶つぶし (高野 昭夫)

### 1 目的

大気圧について知り、どれくらいの力が働いているのかを体験してみる。

### 2 材料・準備

水槽、空き缶(アルミまたは、スチールのもの。ただしかたいものはダメ)、三脚、フィルムケース、ガスバーナー、石綿付き金網、マッチ、水、軍手

### 3 方法・留意点

①空き缶の中をきれいに洗っておく。水槽に水をはっておき、三脚、石綿付き金網、ガスバーナーをセットしておく。

②フィルムケースに半分くらいの水を入れ、空き缶に入れ、ガスバーナーで加熱する。

③空き缶の中の水が十分に沸騰し、缶の中から盛んに湯気が出るようになったら、軍手を着用して空き缶の飲み口を下にして、水槽の中の水にすばやく入れる。

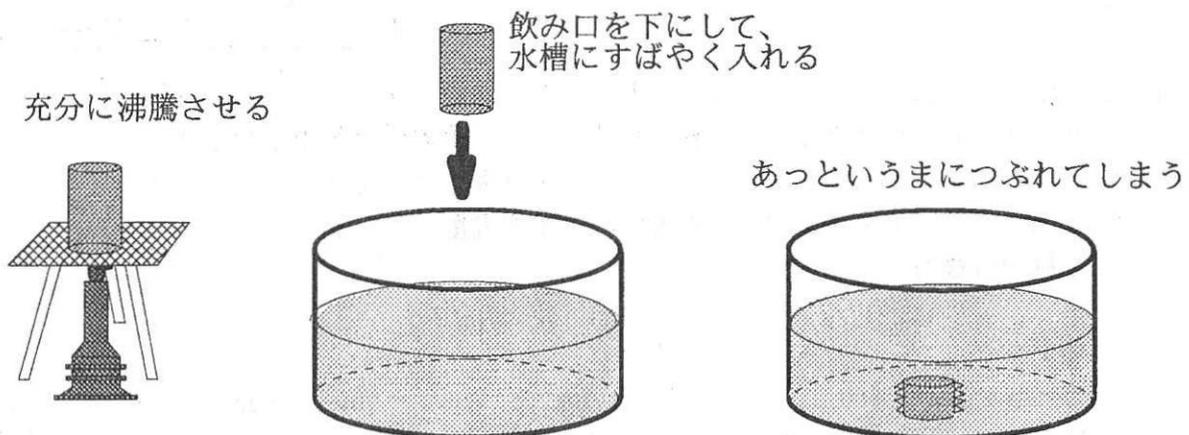
④空き缶の中には少しの水と空気が入っている。水が沸騰し水が盛んに水蒸気になって缶の中にたまると、中にあった空気のほとんどが缶の外に追い出されて無くなる。そのときに水で急に冷やすと、水蒸気が急に水にもどり、缶の中はほとんど何もない真空になる。すると、まわりの空気の押す力で缶がつぶされてしまう。

※350ml以外に、500、1000ml等の空き缶の大きさを変えていろいろやってみる。

### 4 参考文献

理科おもしろ実験・ものづくり完全マニュアル 左巻 健男編著 東京書籍

### 5 図



## 39 熱気球の制作 (高野 昭夫)

### 1 目的

気体は温められると体積が大きくなり、それによって熱気球が膨らんで、気球内の空気の質量が軽くなり、ついには熱気球が浮き上がることを知る。

身近な材料で、熱気球が作れることを知る。

### 2 材料・準備

ゴミ袋、ハサミ、セロテープ、アルミホイルの小皿、ワイヤー（細いもの）、針金（細いもの）、綿、アルコール、マッチ、雑巾

### 3 方法・留意点

下図のように熱気球を製作して火をつけて浮き上がらせる。

火事に注意し、実験前に濡れ雑巾を用意しておく。

ごみ袋はすぐ燃えるので慎重に行うこと。

ごみ袋は、暑さ0.015mmのものを使用すること。0.030mmのものだと重くて浮かない。

高く上がっても、天井で引っかかるのでそれほど危険ではない。ただし、防火探知機のそばでやるとこわい。

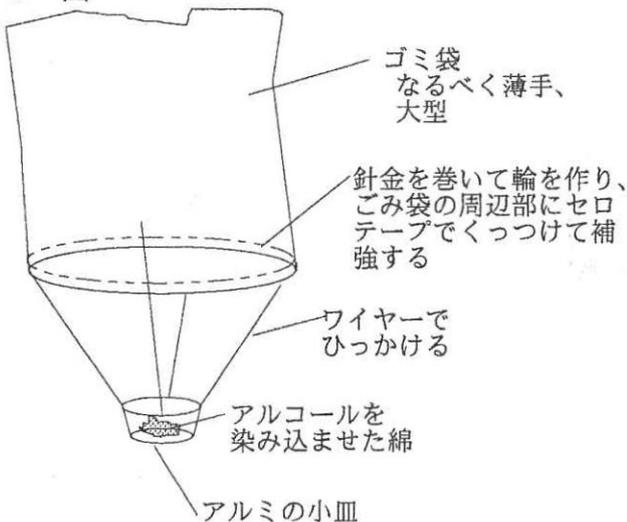
### 4 参考文献

理科おもしろ実験・ものづくり完全マニュアル 左巻 健男編著 東京書籍

材料入手先

- ・ワイヤー（細いもの）は、手芸洋品店で造花作成用のもの（フローレルワイヤー）を使用
- ・ごみ袋は買うときに厚さに注意。

### 5 図



ゴミ袋は2～3人で周辺部を支えながら、綿に引火すること  
火事に注意!!

## 40 液体窒素による物性の変化 (吉田学)

### 1 目的

液体窒素による常温の世界とは違った極低温の世界での物質の性質の変化を観察し、物質について興味をもたせる。

### 2 材料・準備

液体窒素用ポット (5~10 l)、ジュワー瓶または発泡スチロールのケース、酸素・二酸化炭素ボンベ、フィルムケース、ビニール袋数枚、バナナや花など植物電池、豆電球、コイル (鉄または銅製) など

### 3 方法・留意点

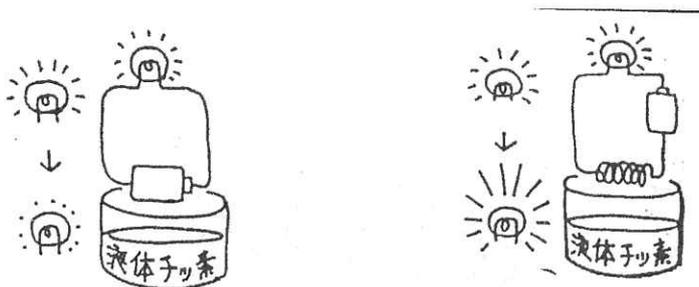
- 液体窒素に触れてみる。・・・液体窒素をジュワー瓶にとり、生徒の手のひらにこぼす。  
(このとき、目に入らないように注意。また、衣服にもできるだけつかないように)
- フィルムケースにいれ放置する。・・・液体窒素が気化し、音をたててふたが吹き飛ぶ。  
(いれて、ふたをしたら少しはなれる。)
- 酸素や二酸化炭素を入れた袋を液体窒素で冷やす。
  - ・・・酸素や二酸化炭素をボンベから袋に注入し、袋ごと発泡スチロールのケースに入れた液体窒素で冷やす。  
(青っぽい液体酸素やドライアイスが観察できる)
- バナナや花をいれ性質が変化するのを観察。(例、バナナで釘がうてる)
- 豆電球を電池で点灯し、その電池を液体窒素で冷やす。(電池の起電力の変化)
- 乾電池と豆電球の回路にコイルを直列につなぎ、このコイルだけを冷やす。  
(温度による抵抗の変化)

等いろいろな実験が考えられる。

### 4. 参考文献 「液体窒素の実験オンパレード」 大西章、喜多誠

材料入手先 液体窒素・・・昭和酸素 (0764-38-1171) に問い合わせる。

### 5. 図



## 41 超低温の実験 (高野 昭夫)

### 1 目的

−196℃の超低温を体験して、超低温における各種物体の特性について知る。

### 2 材料・準備

液体窒素用デュワー瓶、液体窒素、アルミ小皿、ピーカー、軍手、エチルアルコール、ピンセット、水銀温度計、ゴムフーセン、ポリエチレン袋(小)、花(花びらのきれいなもの)、野菜・果物(プチトマト、ブドウなど)、ジュース、ゴムボール、二酸化炭素ガス、酸素ガス等

### 3 方法・留意点

1. ゴムボールを十分に冷やしてから、床に落とす。(こなごなに砕ける)
2. 机の上に液体窒素を少しだけこぼしてみる。
3. 温度計をつっこんでみる。
4. 指を入れてみる。(1秒以上はいれないこと!)
5. ゴムフーセンに、二酸化炭素ガスを入れて、冷やしてみる。(ドライアイスができる)
6. 濡れティッシュを凍らしてみる。
7. 花びらを凍らしてドライフラワーを作ってみる。(その後、手でこなごなにする)
8. 野菜等を凍らしてみる。(プチトマト、ブドウ等)
9. ジュースをアルミ小皿に入れて冷やしてみる。(アイスができる)
10. ポリエチレン袋に酸素ガスを入れて冷やしてみる。(液体酸素ができる)
11. アルコールを凍らしてみる。(アルミ小皿に入れて凍らしてみ、凍ったら融ける時の様子も観察すること)
12. 身の回りのいろいろな物を液体窒素につけてみる。

※ 8、9については食べてもよいが、少量にしないと舌が凍傷になって血が出る可能性があります。

※液体窒素はすぐに蒸発してなくなるので、てきばきと実験すること。

### 4 参考文献

・第2回「おもしろ科学実験 in 富山」ガイドブック(後藤道夫先生によるいろんな実験方法が14頁にわたって詳しく紹介されています)

・理科おもしろ実験・ものづくり完全マニュアル 左巻 健男編著 東京書籍

#### 材料入手先

・液体窒素 宇野酸素(富山市永久町1-2 Tel0764-38-1235)

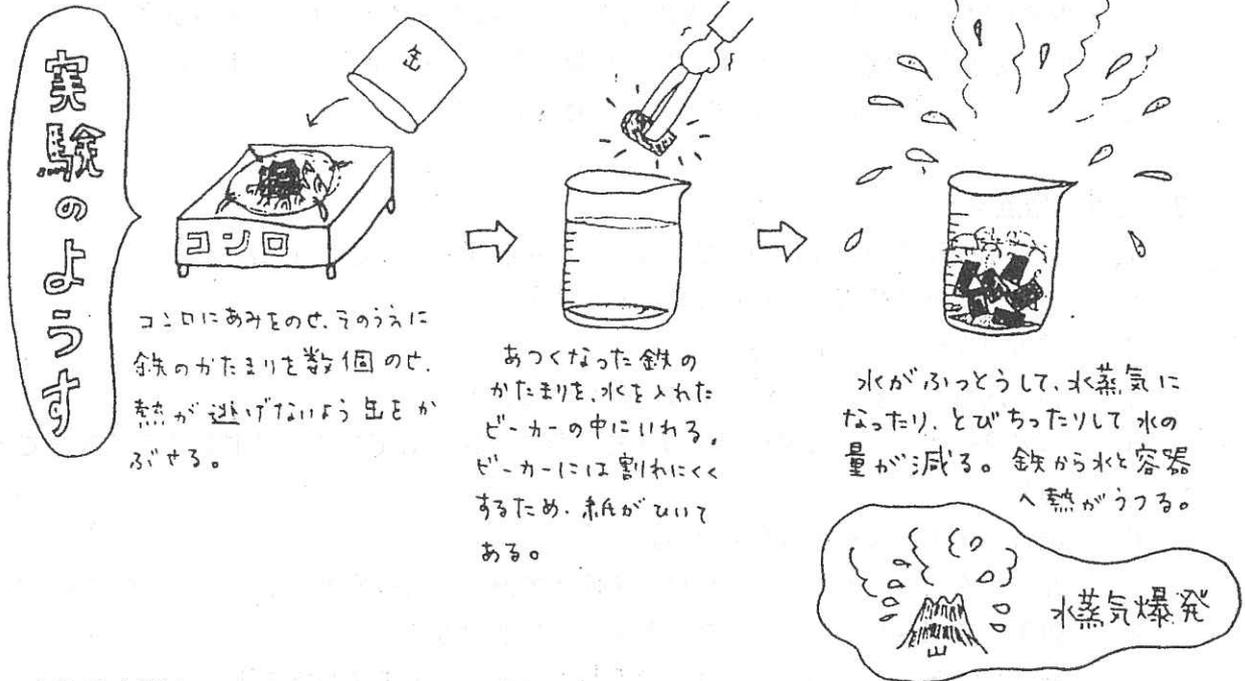
1リッター400円程度。ただし、10リットル程度のデュワー瓶が必要。

・熱量の大きな物体を水に入れると、水は沸騰し多量の水蒸気をつくって水を飛び散らす。

<方法>

1. いくつかの鉄ブロックを空きかんでおおいをして、バーナーで強熱する。
2. 熱せられた鉄ブロックを順次水の入ったビーカーに入れると、沸騰しだす。構わずにブロックを入れていくと、多量の水蒸気を出し周りに水を飛び散らす。

熱とエネルギー



<参考文献>

「熱とは何か水爆の実験」 中村敏弘 やさしくて本質的な理科実験2 評論社

43 モル比熱

- ・1モル当たりの熱量はほぼ等しいことをみる。
- ・熱は分子の数に関係し、分子の運動として蓄えられることをみる。

<方法>

1. 銅, アルミニウム, 鉛を100g沸騰した熱湯に入れそれぞれ水100g中に入れて温度を測る。すると、物質によってかなり温度が異なることがわかる。
2. アルミニウム, 鉛を銅100gの体積11cm<sup>3</sup>と同じにして沸騰した熱湯に入れそれぞれ水100g中に入れて温度を測る。すると、物質によって少し温度が異なっている。
3. アルミニウム, 鉛を銅100gのモル数1.55molと同じにして沸騰した熱湯に入れ

それぞれ水100g中に入れて温度を測る。これはかなり近い温度となり熱量が同じであることを示す。

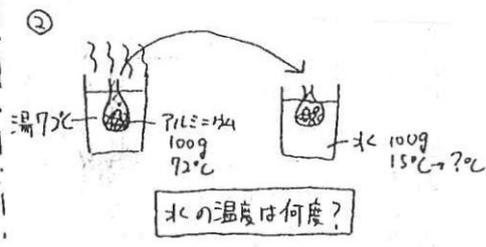


- (1)  $45^{\circ}\pm 10^{\circ}\text{C}$  (2) 55以上 (3) 35以下

1答えは1

$20^{\circ}\text{C}$

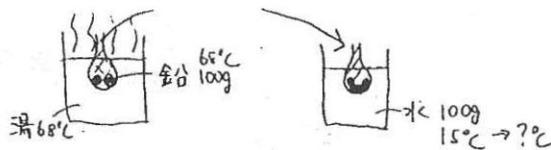
したがって (3) の  $35^{\circ}\text{C}$  以下。



- (1)  $20^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$  (2) 21以上 (3) 19以下

1答えは1  
 $26^{\circ}\text{C}$

したがって (2) の  $21^{\circ}\text{C}$  以上



- (1)  $20^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$  (2) 21以上 (3) 19以下

1答えは1

$18^{\circ}\text{C}$

したがって (3) の  $19^{\circ}\text{C}$  以下

質量が同じ  
Cu  $20^{\circ}\text{C}$   
Al  $26^{\circ}\text{C}$   
Pb  $18^{\circ}\text{C}$

体積が同じ  
Cu  $20^{\circ}\text{C}$   
Al  $20^{\circ}\text{C}$   
Pb  $19^{\circ}\text{C}$

原子数が同じ  
Cu  $20^{\circ}\text{C}$   
Al  $21^{\circ}\text{C}$   
Pb  $21^{\circ}\text{C}$

原子の数をとった時に  
温度がとる。

熱は原子にたくわえられた  
モル比熱

#### 44 固体・液体・気体の膨張

(高野哲夫)

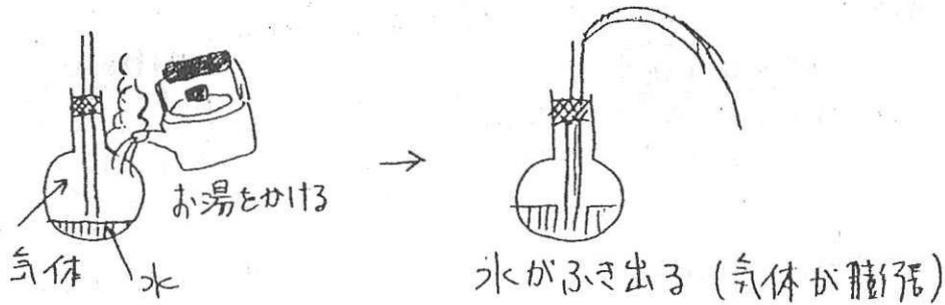
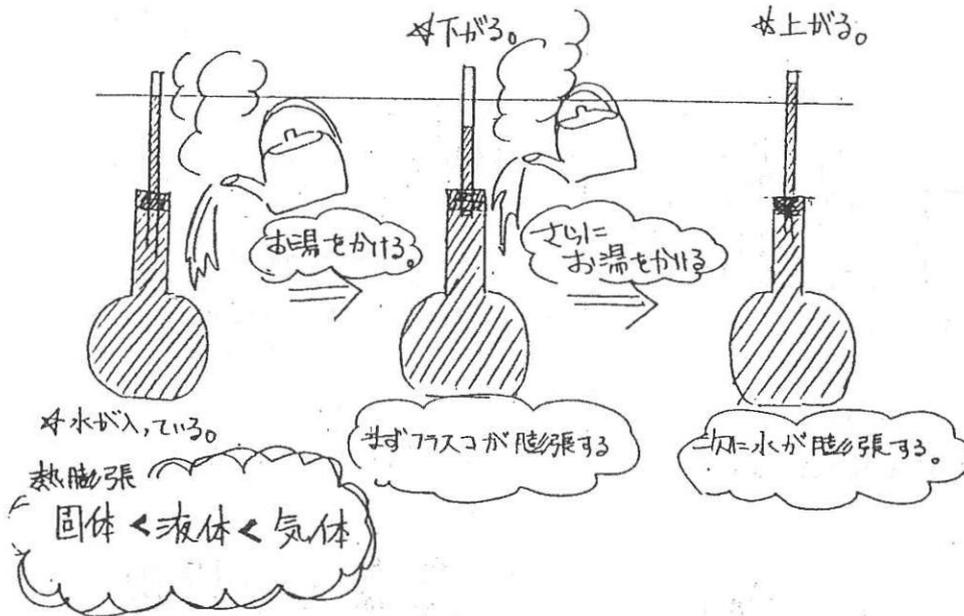
- ・ 固体・液体・気体はいずれも温度を上げると体積が膨張することをみる。
- ・ 固体の膨張より液体の膨張が大きく、気体の膨張は格段に大きいことを示す。

<方法>

1. 水を満たしたフラスコにガラス管を通したゴム栓で密閉し、フラスコに熱湯を少しかけると、ガラス管の水位が少し下がる。これで、フラスコの膨張をみることができる。
2. さらに熱湯をかけると、水の温度も上がり、ガラス管の水位は徐々に上がり、元の水位より大きく越えていく。水も膨張するようになり、フラスコの膨張より大きいことが

わかる。

3. フラスコ内の水を少なくして、熱湯をかけると水は勢いよく噴出すし、気体の膨張は格段に大きいことがわかる。



<参考文献>

「気体の膨張」 中村敏弘 やさしくて本質的な理科実験1 評論社

## 45 金属の膨張

(高野哲夫)

・金属の熱膨張を示す。

<方法・その1>

1. 問題 鉄リングを加熱すると、内径はどうなるでしょうか。

予想   ア.大きくなる  
         イ.変わらない  
         ウ.小さくなる

2. 鉄球よりもほんの少し小さな内径の鉄リングを用いて、リング内を鉄球が通らないこ

とを確かめる。

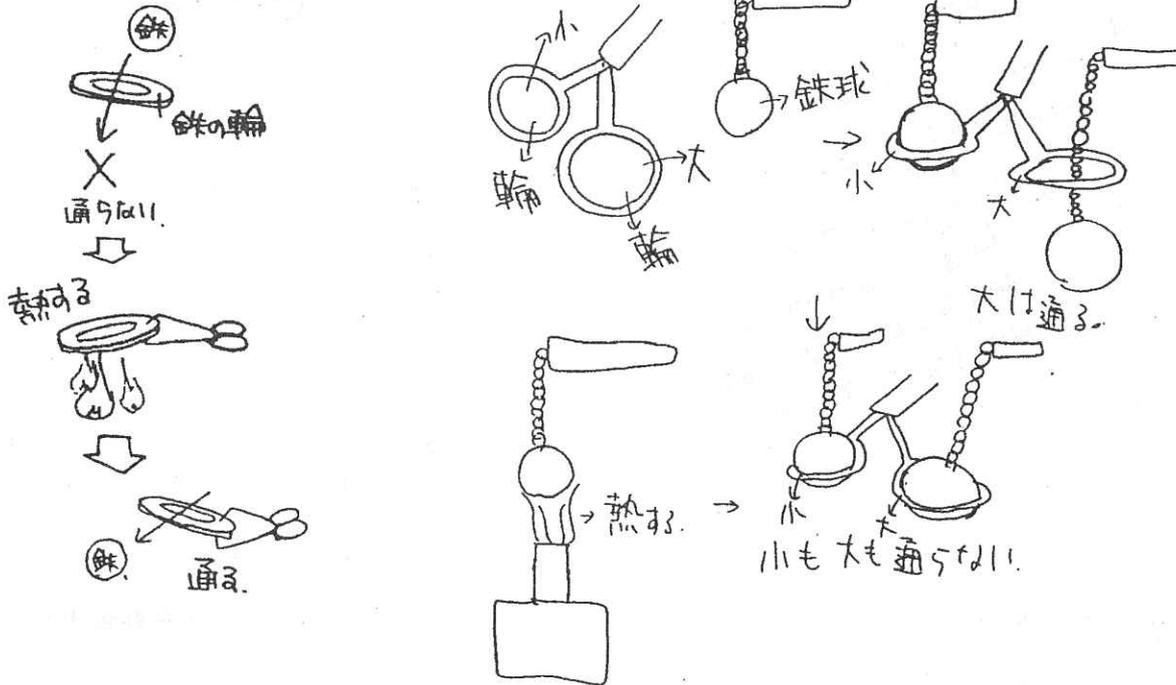
3. 鉄リングを加熱して、鉄球を通す。

4. 鉄リングを水に入れ冷やして、鉄球が通らないことを確かめる。

<方法・その2>

市販の金属球膨張試験器を冷やしたときと加熱したときでリングを通るかをみる。

武田 千夏



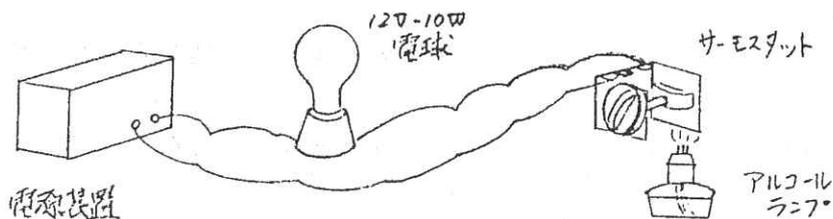
## 46 バイメタル

(高野哲夫)

・種類の異なる金属は熱膨張の仕方が異なり、利用もされていることを示す。

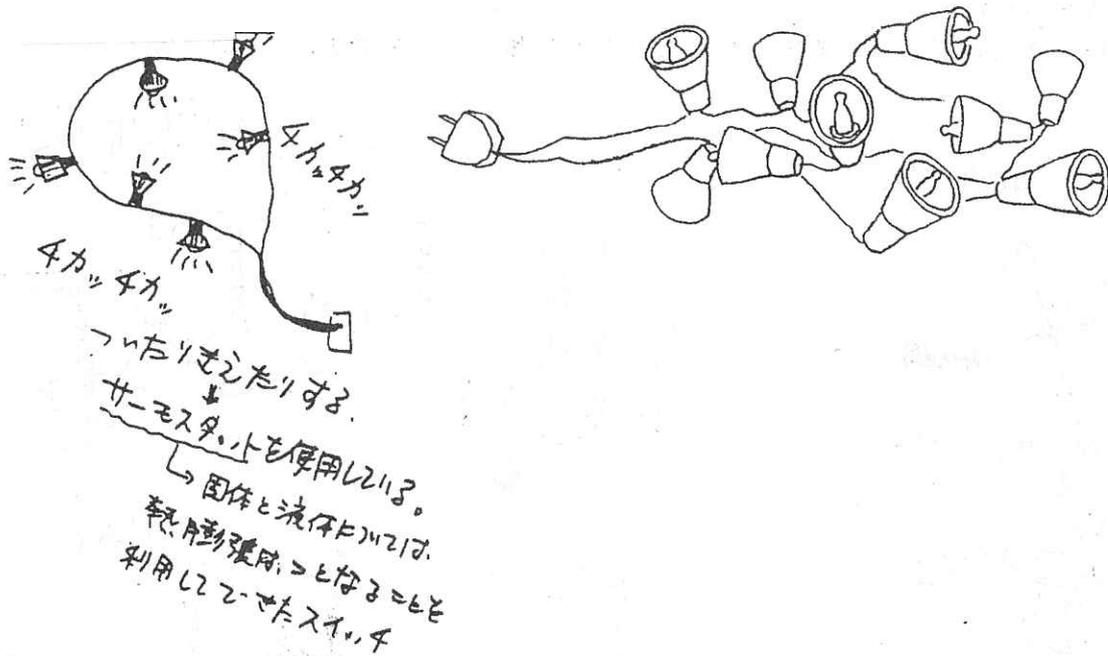
<方法・その1>

1. 古電気こたつのサーモスタットを取り出し、電球を直列に接続する。
2. サーマスタットをアルコールランプなどで加熱すると、スイッチが切れ電球が消える。放置すると、冷えて電球がつく。



<方法・その2>

クリスマスツリー用の点滅電球を使って、パイメタルの応用をみる。



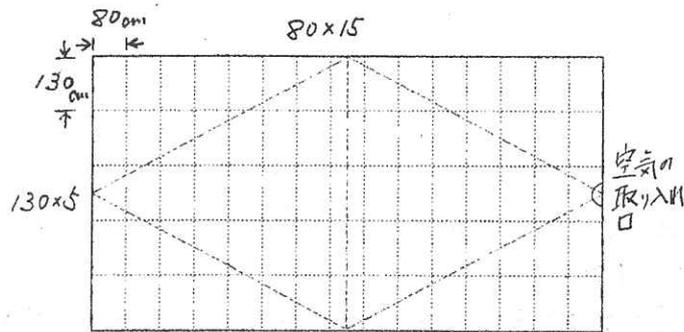
47 太陽熱気球

(高野哲夫)

・太陽の熱を吸収し、中の空気を暖め膨張させて浮き上がらせる。

<方法・その1>

1. 80cm×65cmの黒のゴミ袋を切り開き、縦に5列、横に15列にセロテープでつなぎ合わせる。つなぎ合わせた大きなシートの各辺を合わせ、正四面体を作る。



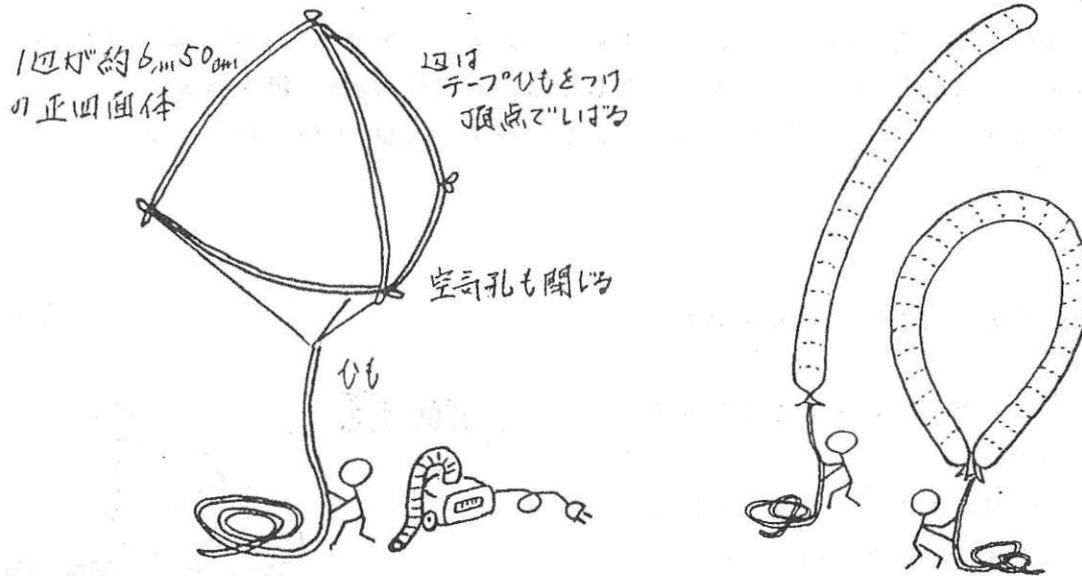
2. 正四面体の辺にテープ紐を貼り、頂点をしばる。3つの頂点から紐をつなぎ、合わせたところから紐を1本にする。
3. 掃除機の排気口にパイプを通し、バルーンの空気孔に差し込み空気を入れ満たしていく。
4. 無風で天候の良い日に膨らませ、バルーンの内部が暖まるのを待つ。

<参考文献>

「ソーラーバルーン」関本晋一 ものづくりハンドブック2 仮設社

<方法・その2>

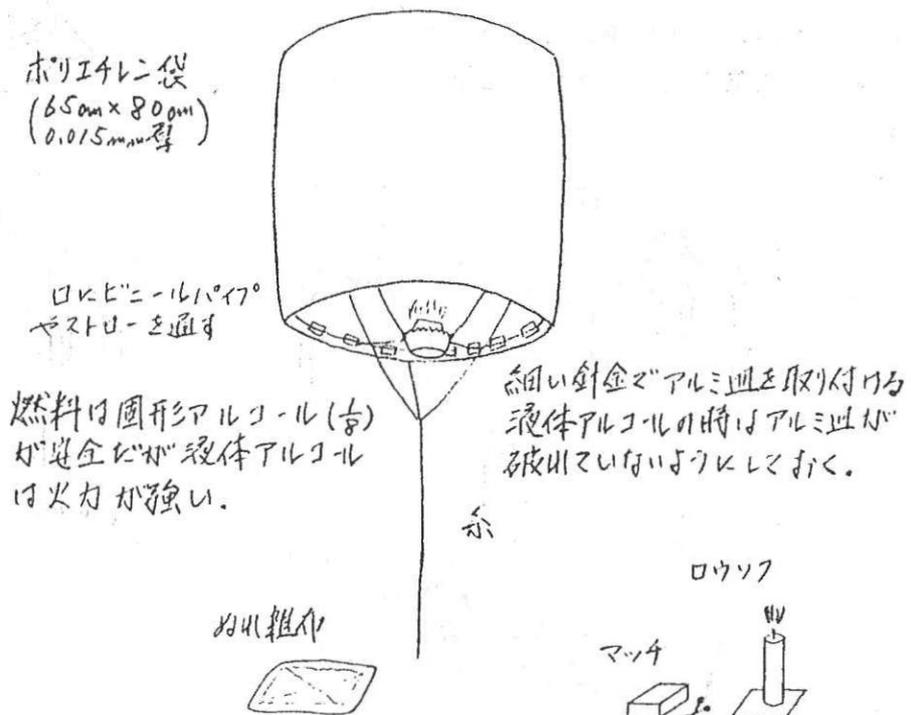
黒のゴミ袋の底を切り取って、50枚ほどつなぎ合わせる。この長い筒に空気を入れ太陽で暖まると浮き上がります。長い筒状なので空気を入れるのも出すのも容易である。



48 ミニ熱気球

(高野哲夫)

- ・熱を仕事に変える例としてみる。
- ・力のはたらきをみる。
- ・気体の状態方程式を使って、持ち上げる根拠をみる。



<方法>

1. ポリエチレンのゴミ袋（65cm×80cm，厚さ0.015mm）の口をストロー等で広げ、それに細い針金を付けてアルミ皿を取り付ける。また、系を取り付け持てるようにしておく。
2. アルミ皿に、アルコールを乗せ、口を広げて点火する。

<参考文献>

「熱気球小さくても上がります」 小川順二 いきいき物理わくわく実験 新生出版  
「熱気球」 原弘良・林正幸・伊藤昇 楽しくわかる実験・観察 新生出版  
「ミニ熱気球をとばそう」 合馬和章 楽しい科学の実験・工作 新生出版

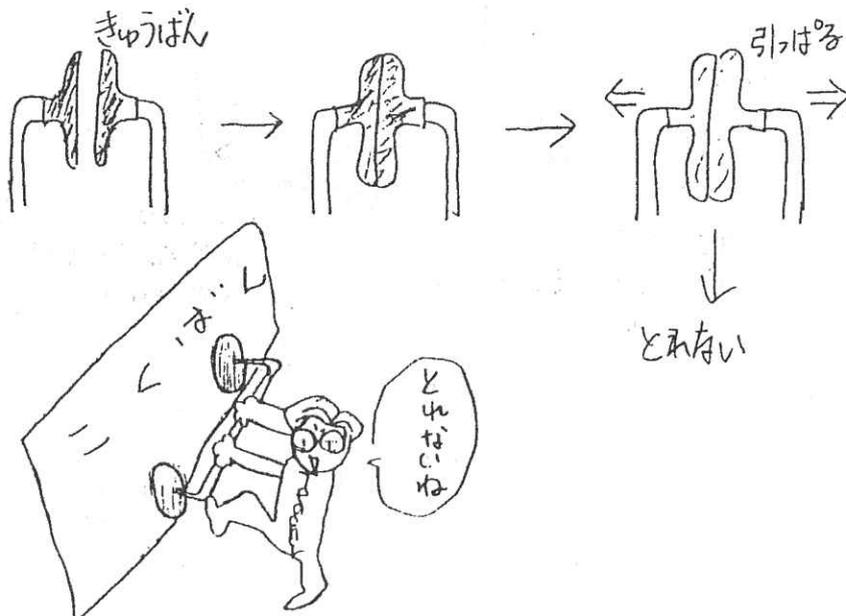
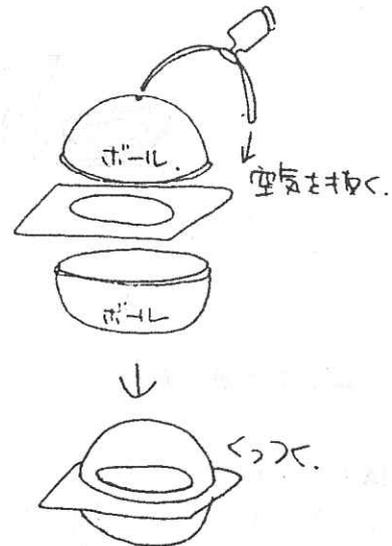
49 空気を抜き取って大きな力

(高野哲夫)

・大気圧が大きくはたらくことをみる。

<方法・その1>

1. 2つの調理用ボールのうち1個に穴を開け真空ポンプのパイプが通るようにする。
2. 真ん中を切り取った厚紙を水に浸し、その紙を2つのボールの間にはさみ、ボールを合わせて、球状にする。
3. 簡易真空ポンプで空気を抜き取ると、2つのボールは離れなくなってしまふ。空気を入れると容易に離れる。



<参考文献>

「新マグデブルグ」 盛口襄 いきいき化学明日を拓く夢実験 新生出版

<方法・その2>

2つの大型吸盤を重ね合わせると、引っ張っても離せなくなる。吸盤の間に空気を入れると容易に離れる。

50 気体の圧力

(高野哲夫)

・気体の圧力の大きさをカンのへこみ方でみる。

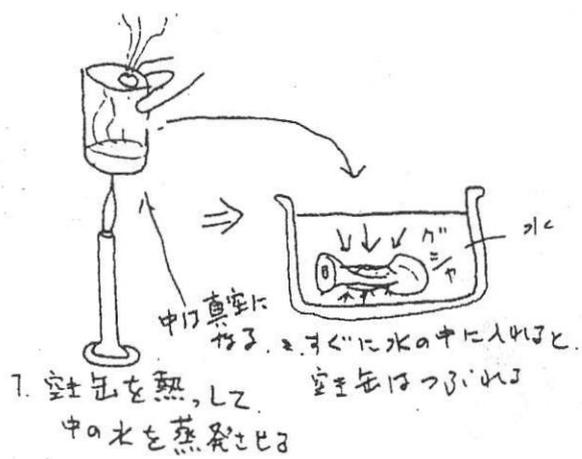
<方法・その1>

1. アルミ缶にカンペコで蓋をし、簡易真空ポンプで空気を詰め込む。すると、空き缶は硬くなる。
2. 次に、簡易真空ポンプで空気を抜き取ると、アルミ缶は音を立ててつぶれる。



<方法・その2>

アルミ缶に水を少し入れ沸騰をしばらくさせる。このアルミ缶を逆さにして水槽に入れると、一気に缶がつぶれる。



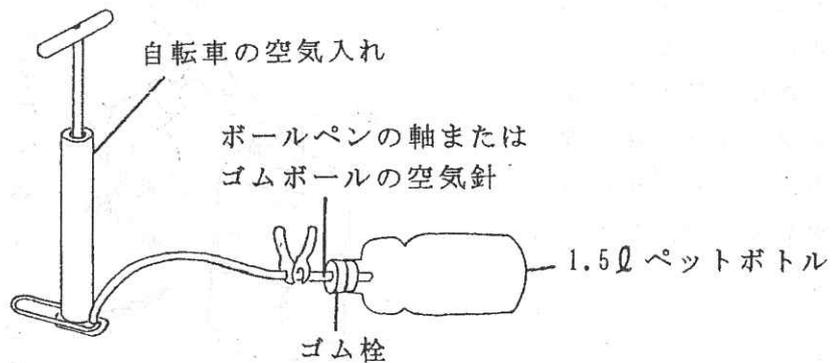
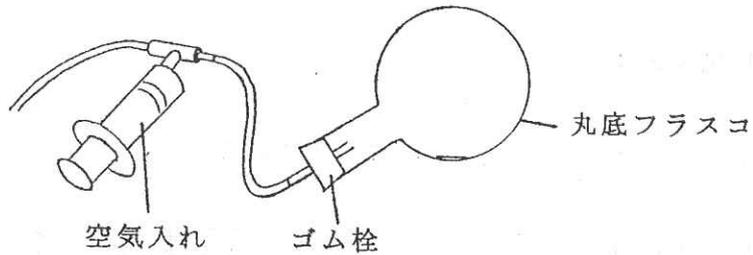
・水蒸気から雲ができることによって、断熱膨張で温度が下がることをみる。

<方法・その1>

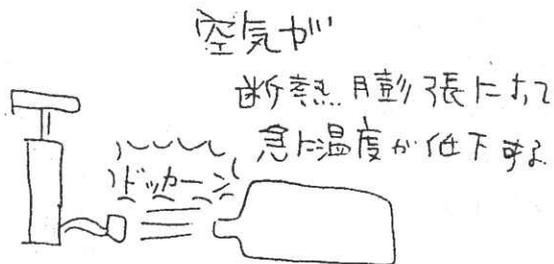
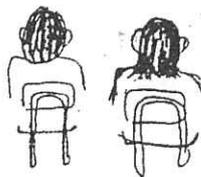
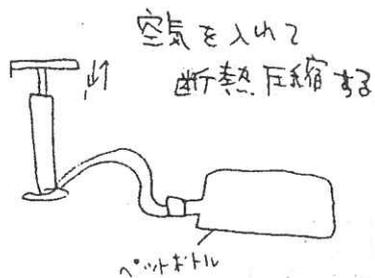
1. 丸底フラスコに水とアルコールをわずかに内側をぬらす程度に入れ、空気ポンプで空気を押し込む。
2. ゴム栓を一気に抜き取るとフラスコ内に雲が生ずる。
3. 空気ポンプで空気を押し込むと、雲が消えていく。

<方法・その2>

1. PETボトルに水とアルコールをわずかに内側をぬらす程度に入れ、自転車の空気入れで空気を入れている。
2. 中の圧力が高くなると、大きな音とともにゴム栓が抜け、ボトル内に雲ができる。



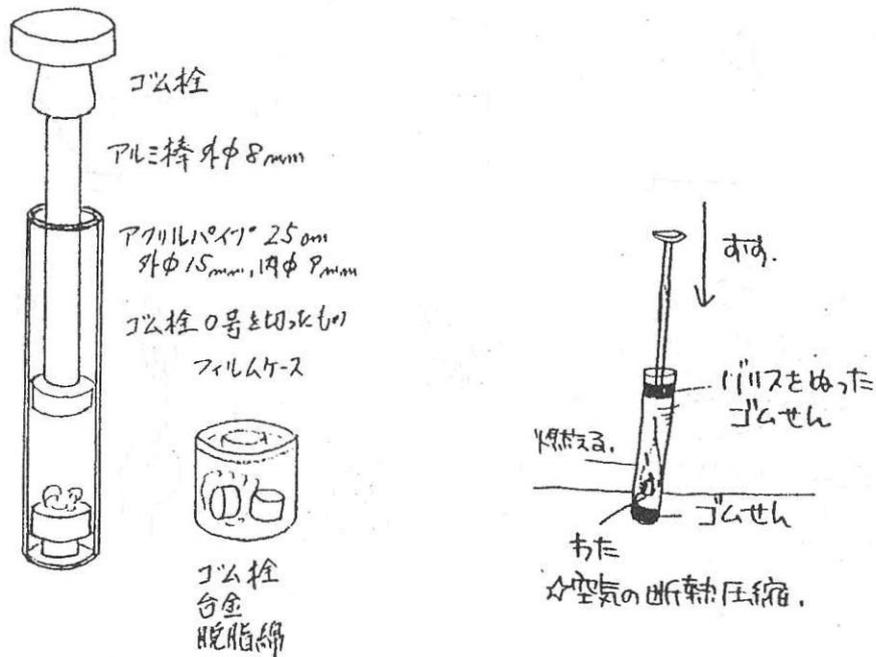
雲をつくる!!



・断熱圧縮によって、気体にした仕事が内部エネルギーを増やすこととなり、温度が上がることを綿が発火することで示す。

<方法>

ゴム栓にワセリンを塗って透明アクリルパイプの両端に入れる。そのとき、わずかの脱脂綿を入れておく。小さな金属棒のかけらを台にしてパイプを立て、金属棒に柄を付けたものでゴム栓ピストンを一気に強く押し込むと綿が発火する。



<参考文献>

「寝ていた生徒がアンコールー圧気発火器」 飯田洋治 いきいき物理わくわく実験 新生出版

## 53 火起こし器

(高野哲夫)

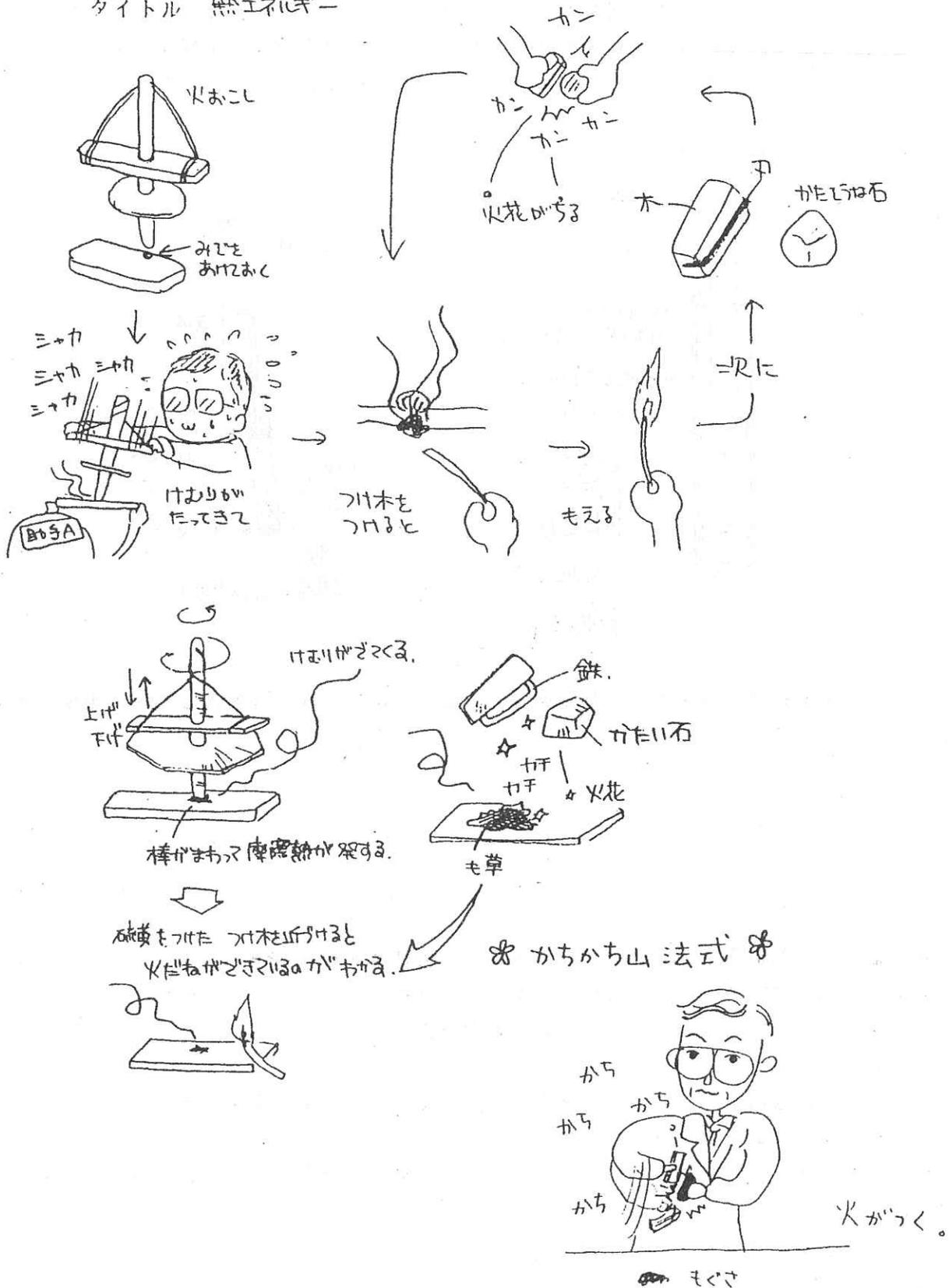
- ・摩擦によって熱が発生し、火を作り出すことができることをみる。
- ・仕事の一部が熱エネルギーに変換されることをみる。
- ・マッチやライターと火起こしとの共通点を探る。

<方法・その1>

1. ラミン丸棒に釘を通して、はずみ車の釘の幅の溝に埋め込み固定する。
2. 持ち手用の板に丸棒より少し大きな穴を開け、ひもで丸棒とつなぐ。
3. 台木の端にドリル刃で浅い溝を刻んでおき、削りくずを集めるための切り込みを入れておく。
4. 台木を板に貼り固定する。

5. 薄い削り板の端に融けた硫黄を付けてつけ木にする。
6. 火きり棒を台木の溝に当てて、火種ができるまで速く回転する。
7. 火種ができると、つけ木の先を付けて火を移し炎とする。
8. マッチの仕組みと比べる。

タイトル 熱エネルギー



<方法・その2>

1. 板の上に蒸し焼きにしたもぐさを敷き、その上で火打ち石に火打ち金をたたき、火花をもぐさに落とす。
2. もぐさにできた火種をつけ木に移して炎とする。
3. ライターの仕組みと比べる。

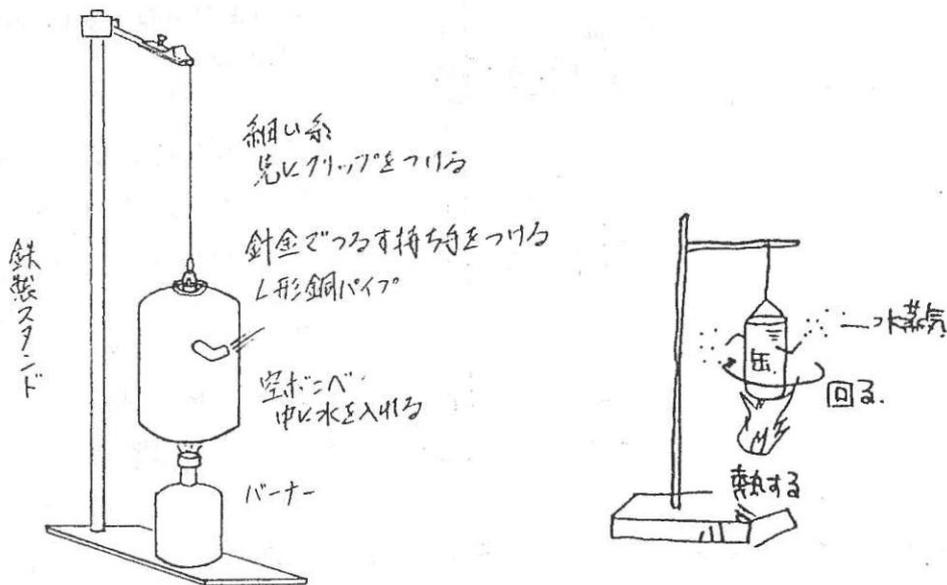
54 蒸気回転ポンペ

(高野哲夫)

- ・熱を仕事に変える熱機関の例としてみる。
- ・水蒸気が吹き出すと、その反作用で動くことをみる。

<方法>

1. 空ポンペの側面左右対象の位置に2ヶ所L型の銅パイプをはめ込み、中に水を入れて、細い糸でつるす。
2. ポンペを下からバーナーで加熱すると、水蒸気がパイプから吹き出し、回転する。



<参考文献>

「2000年前の熱機関」 近沢秀光 いきいき物理わくわく実験 新生出版

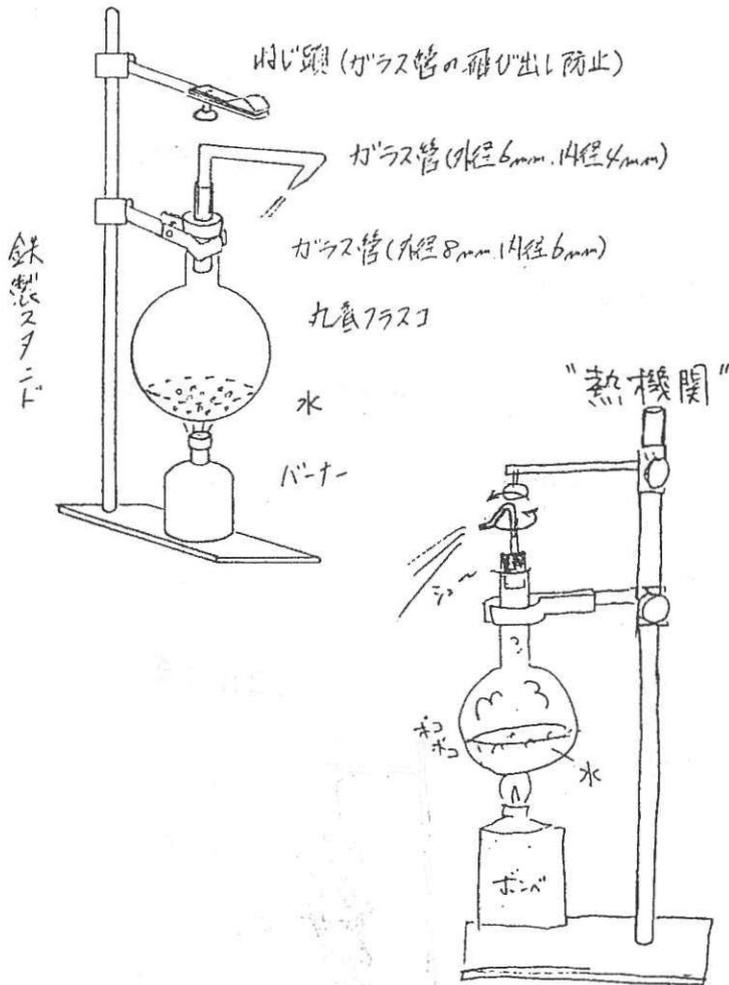
55 蒸気回転管

(高野哲夫)

- ・熱を仕事に変える熱機関の例としてみる。
- ・水蒸気が吹き出すと、その反作用で動くことをみる。

<方法>

1. 外径6mmのガラス管を2ヶ所それぞれ直角に曲げて、一方の先端を細くする。これをゴム栓に通した内径8mmのガラス管に差し込み、水を入れた丸底フラスコに栓をする。
2. ガラス管の回転の中心の上部にスタンドの支えを置く。
3. フラスコを下からバーナーで加熱すると、水蒸気が管から吹き出し、ガラス管が高速で回転する。



1) フラスコに水を入れて熱する。  
 フラスコの口は管を通し、その中にもう一本短い管を通し、自由に動くように固定する。  
 ↓  
 水が沸くにつれて、水蒸気が出て、短い管から外へ出口とするため、管がくるくるまわった。  
 ↓  
 熱を加えると動いてくれる。  
 熱を仕事に変える装置を『熱機関』という。

<参考文献>

「冷たい熱機関と化学反応機関」 井上健 科教協ニュース'90.2

56 ポンポン蒸気船

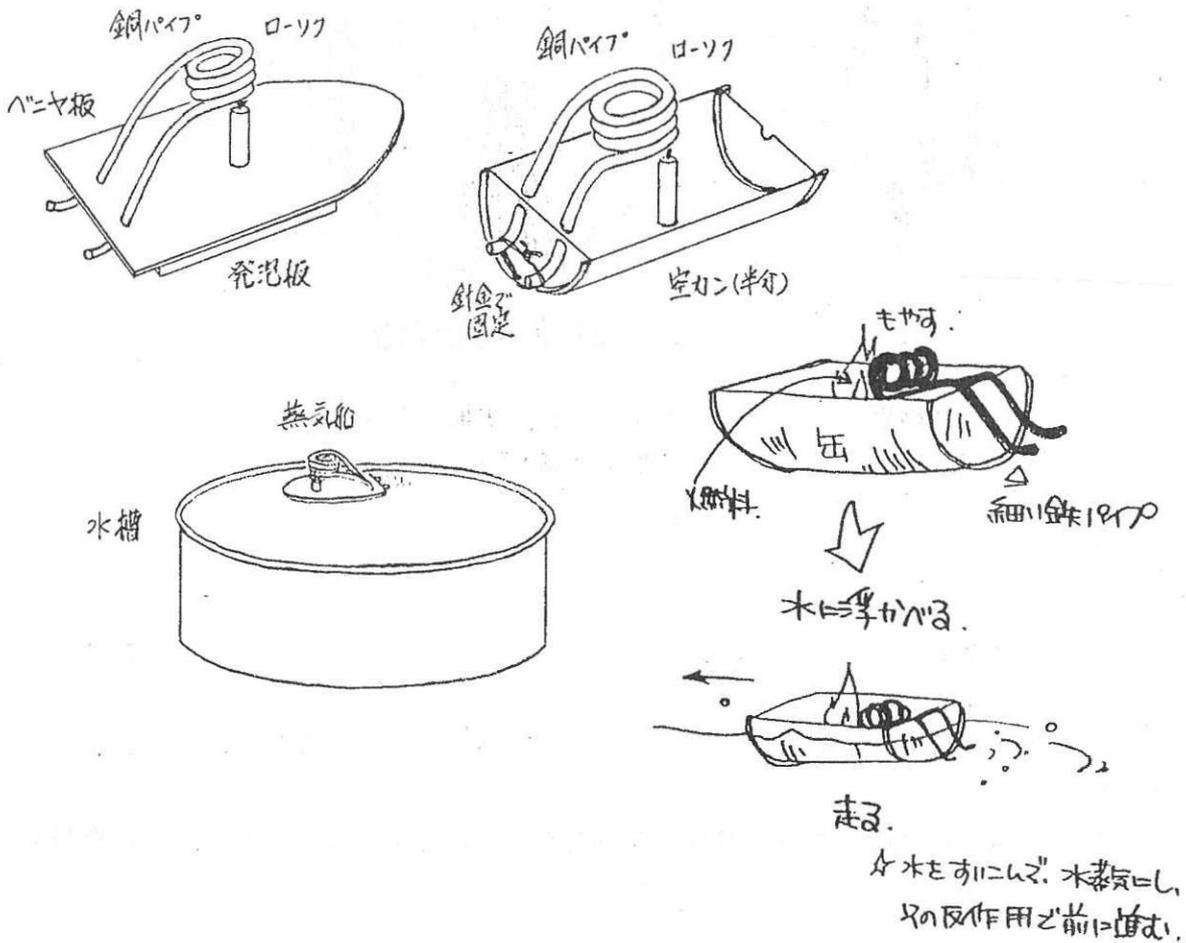
(高野哲夫)

・熱を仕事に変える熱機関の例としてみる。

<方法>

1. 銅パイプの中央をコイル状に巻き、パイプの両端を伸ばしておく。これを発泡板を貼った舟型のベニア板や縦に半分にした空き缶に取り付ける。

2. パイプに水を通し、水槽に浮かべて、コイル状のところを熱するようろーそくや固形燃料に火を着けると船は進む。



<参考文献>

「ポンポン蒸気船」 後藤富治 楽しい科学の実験・工作 新生出版

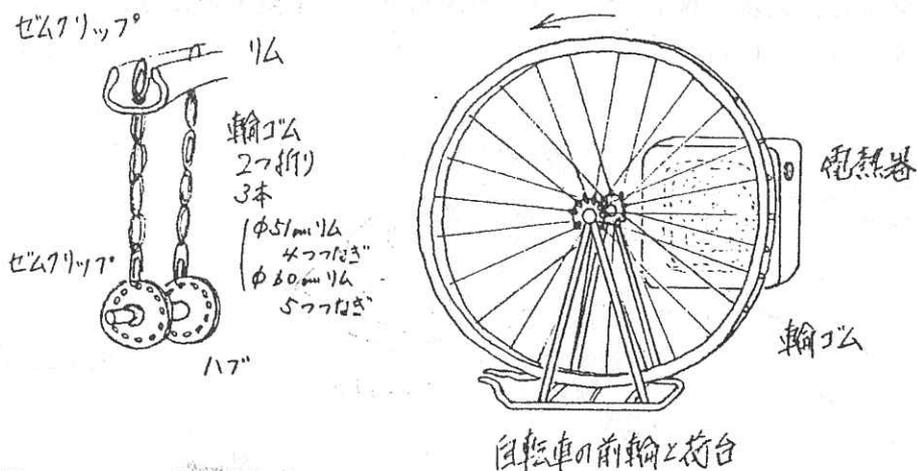
57 ゴムエンジン

(高野哲夫)

・熱を仕事に変える例としてみる。

<方法>

1. 古自転車の前輪と後ろの荷台をはずし、車輪のスポークを全部取り外して汚れを落とす。
2. リムと車軸のハブをゼムクリップと輪ゴムでつなぐ。荷台を使ったスタンドに取り付けて、車軸がリムの中心になるよう輪ゴムの数で調節する。
3. 車軸の一部を電熱器で熱すると、ゆっくりと回転するようになる。軸に対して反対側を熱すると、逆回転するようになる。



自転車の前輪と荷台

<参考文献>

- 「ゴムエンジン」 高橋賢二 いきいき物理わくわく実験 新生出版
- 「ゴムエンジン」 高橋賢二 たのしい科学の実験・工作 新生出版

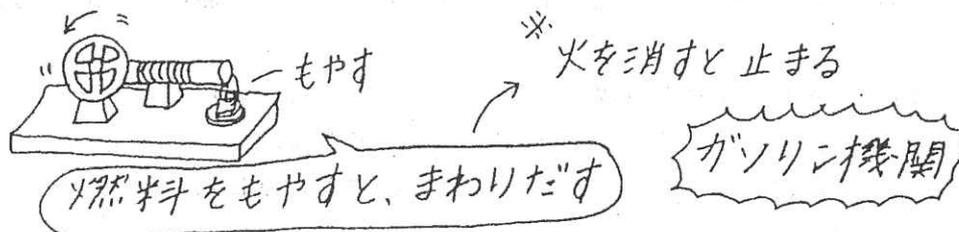
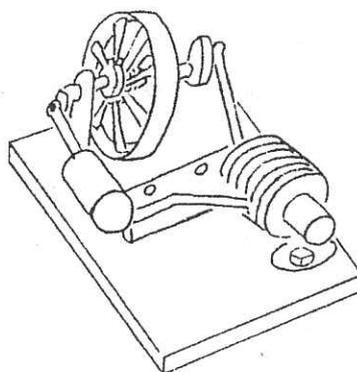
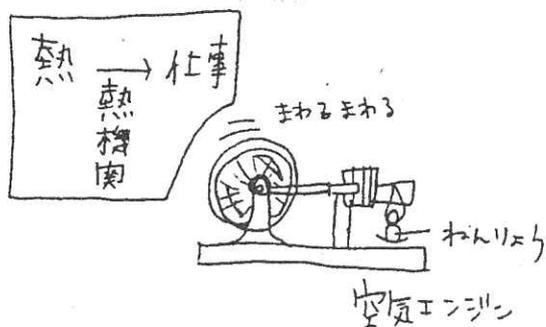
### 58 エンジン模型

(高野哲夫)

・熱から仕事を取り出すことができ、エンジンとして利用されていることをみる。

<方法・その1>

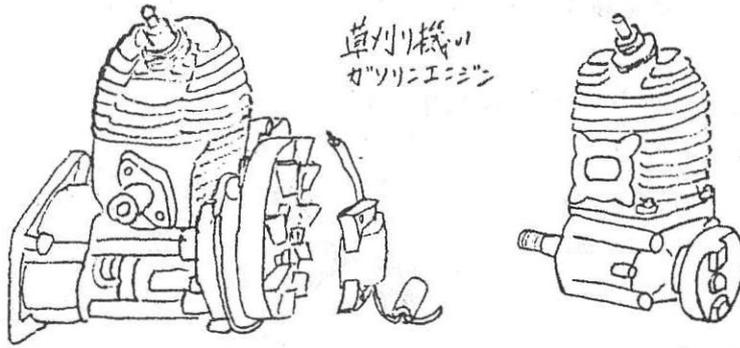
スターリングエンジンの加熱部を燃料等で加熱すると、回転することができる。燃料を取り去ると回転も止まってしまう。



『熱エネルギー → 力学的エネルギー』

<方法・その2>

ガソリンエンジンの模型から熱を回転運動に変えていく仕組みをみる。



59 アルコール鉄砲

(高野哲夫)

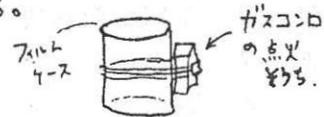
- ・エネルギーの移り変わりをみていく。
- ・密閉された容器内の燃料気体の燃焼は大きな爆発となることを示す。

<方法・その1>

1. 空の蒸発皿にアルコールを少し入れて、芯が無くても燃えることを紙を近付け火を移して確かめる。
2. フィルムケースに圧電スイッチを取り付け、アルコールをほんのわずか入れて蓋をする。
3. 圧電スイッチを入れると大きな爆発音とともに蓋が飛んでいく。開放された燃焼と密閉された容器内での爆発の違いをみる。



2) アルコールを少し入れて  
 点火する。



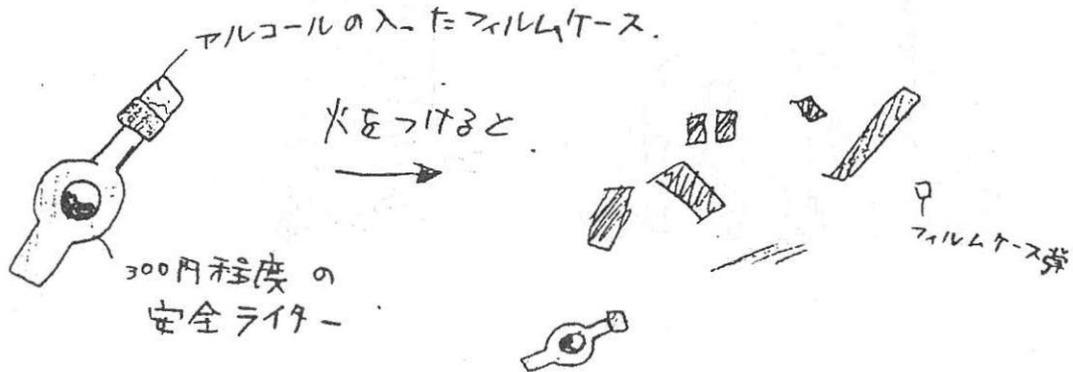
フィルムケースの中にアルコールを  
 一滴入れる。ガスコンロの点火装置  
 はスイッチをカチッと入れると火花  
 が出る。フィルムケースには蓋を  
 して、スイッチを入れると...



ととぶ!! もし部屋にガスが  
 充満してると、ほんの少し火花で  
 大爆発するものなぞドッキリと  
 なる。おもしろい……

<方法・その2>

使いきったチャッカマンの先の金属カバーを取り除き、フィルムケースを取り付ける。そして、フィルムケースに針金電極をさし込む。フィルムケースにアルコールを使って、蓋を飛ばす。



<参考文献>

「アルコール鉄砲」 後藤富治 たのしい科学の実験・工作 新生出版

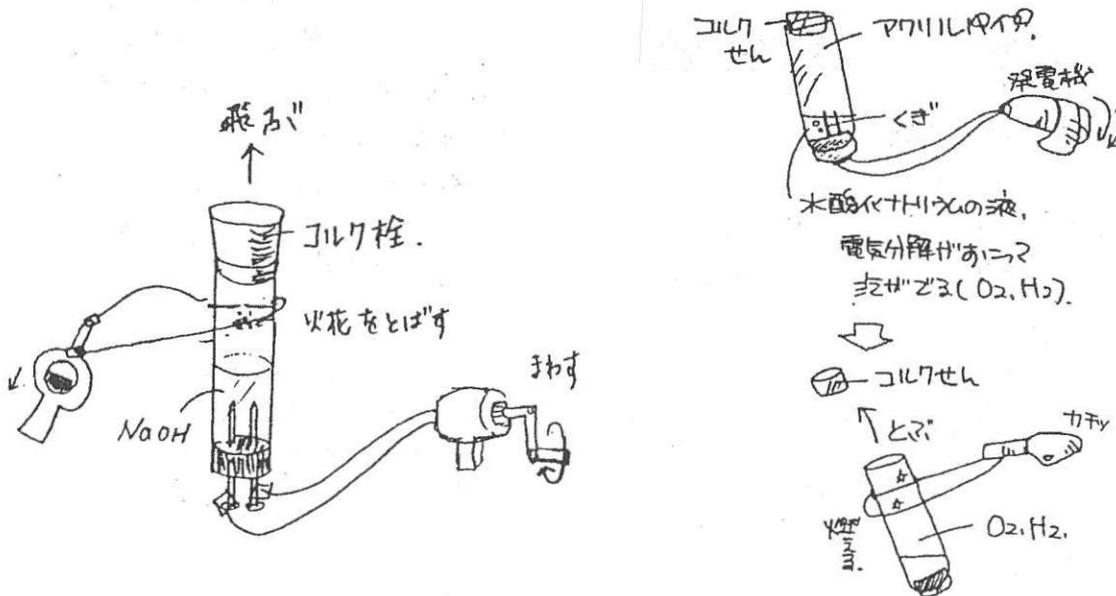
60 コルク栓を飛ばす

(高野哲夫)

・エネルギーの移り変わりをみていく。

<方法>

1. アクリルパイプに電極用の鉄釘を2本通したゴム栓でしっかり栓をし、水酸化ナトリウム水溶液を入れて、コルク栓で蓋をする。
2. 鉄釘電極に手回し発電機をつなぎ、水の電気分解をおこなう。
3. 圧電スイッチのはたらきを確かめた後、パイプの上部に取り付けた2個のビスに圧電スイッチをつなぎビスの間で放電すると、コルク栓が飛んでいく。



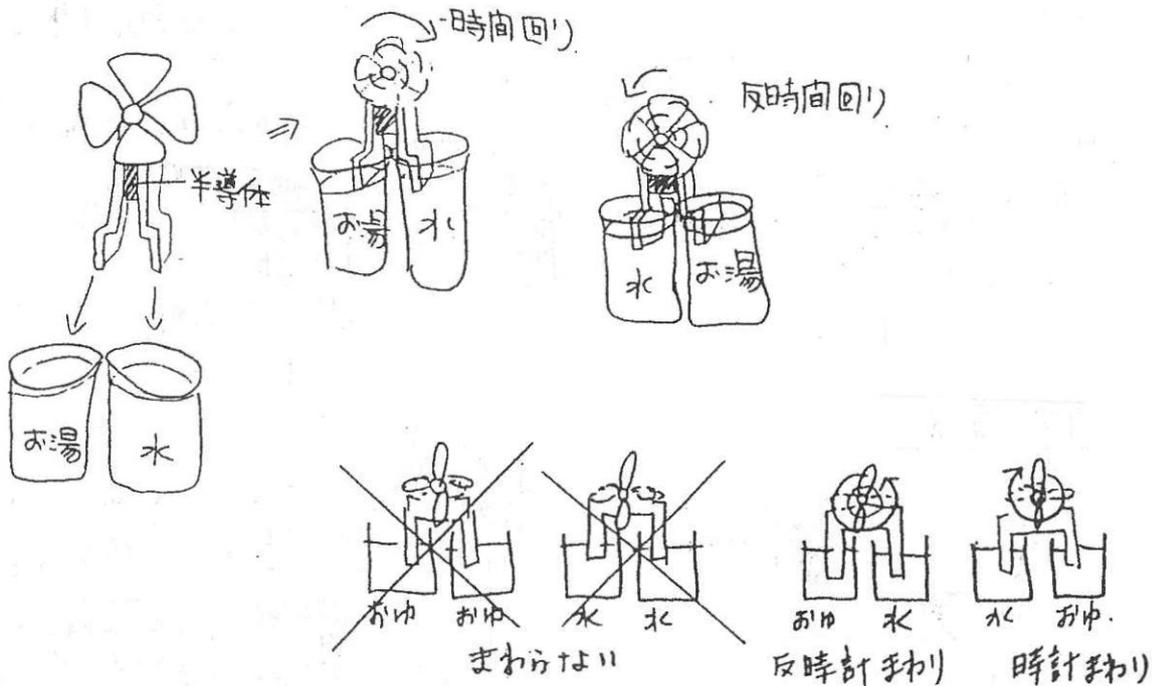
## 61 熱電気変換器

(高野哲夫)

- ・熱を仕事に変える装置で、特に、熱を電気エネルギーに変換することを示す。
- ・熱源に温度差が存在しないと仕事に変換できないことを示す。

<方法>

1. 熱電気変換器の片足を水を入れたビーカーに入れ、もう一方の足を湯の入ったビーカーに入れる。しばらくするとファンが回る。
2. 水の入ったビーカーと湯の入ったビーカーを交換すると、ファンが逆回転する。
3. 熱電気変換器の両足を湯に入れてもファンは回らない。



## 62 電池を作る

(高野哲夫)

- ・化学エネルギーから電気エネルギーを取り出すことをみる。

<方法・その1>

銅板の上にトイレットペーパーを敷き、食塩を振りかけ水を垂らしてアルミホイルを重ねる。銅板とアルミホイルをモーターにつなぐとモーターが回る。

<方法・その2>

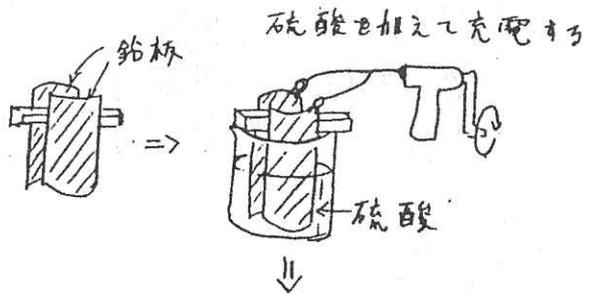
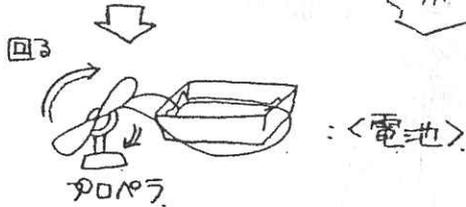
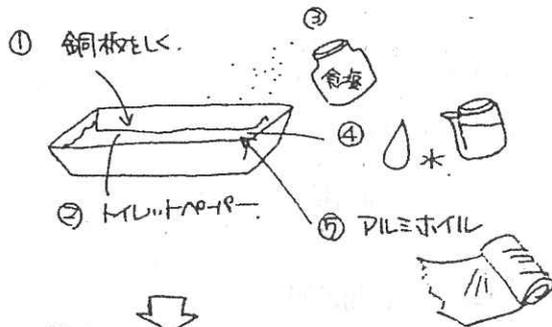
備長炭をティシュペーパーで巻き食塩水をしみ込ませ、さらにアルミホイルで巻く。炭とアルミホイルをモーターにつなぐとモーターが回る。

<方法・その3>

1. 2枚の鉛板を接触しないようにして、希硫酸に入れる。2枚の鉛板をモーターにつな

いでも回ることはない。

2. 2枚の鉛板に手回し発電機をつなぎ、電気を流すと鉛板から泡がでて極板の色が変わる。
3. 手回し発電機を止めても回り続けるようになり、豆電球をつなぐと豆電球がしばらくつく。



寺出 雅幸



### 63 金属が燃える

(高野哲夫)

・化学エネルギーから熱や光のエネルギーに変わることをみる。

<方法>

試験管にシュウ酸鉄や酒石酸鉛を取り、加熱分解する。これを空気中に放出すると、光出す。

エネルギーの変換 学研の科学と学習  
鉄も微ふんがたすは空気でもえさ



しゅうさん鉄を熱して  
細かい鉄粉を作る



鉄粉が空気にふれると  
酸素と結合してもえさ

ボカロに利用

化学エネルギー

↓

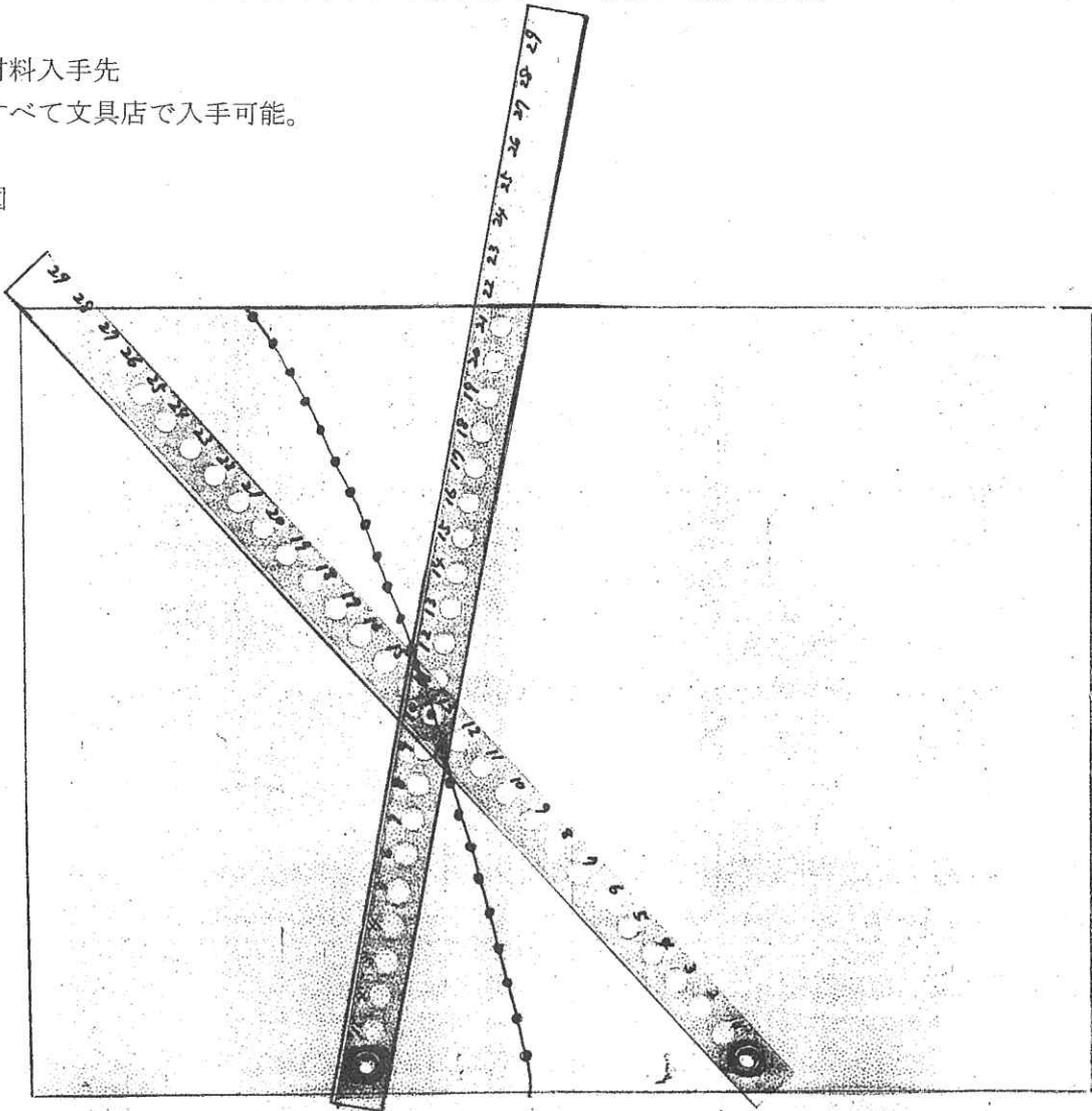
熱エネルギー

エネルギー変換



## 64 OHPシートを用いた生徒用「波の干渉パターン作図器」(朝野敏彦)

- 1 目的  
2つの波源がつくる干渉パターンを作図して双曲線ができることや、節線や腹線についての理解を深める。
- 2 材料・準備  
OHPシートA4版2枚 A4用ゲージパンチ ハトメ2個 OHP用ペン
- 3 方法・留意点
  - ・作図器(下図)の2つの腕の目盛を一定の差になるようにして、パンチした2つの穴を重ねる。パンチした穴の中心に点を打つ。一定の差を保ったままこれを繰り返して、得られた点を滑らかに結んで曲線(双曲線)を描く。
  - ・パンチした穴が山、谷とすれば干渉条件などが容易に理解できる。
- 4 材料入手先  
すべて文具店で入手可能。
- 5 図



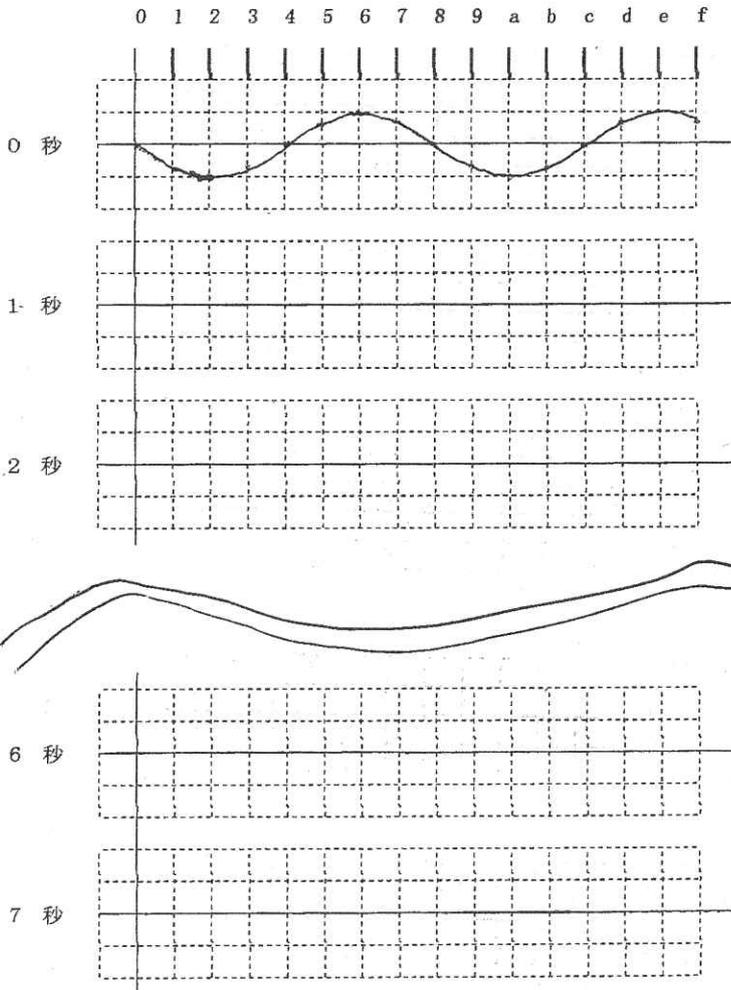
# 65 波の作図課題 (谷口久信)

## 1 縦波の横波表示

注) グラフ用紙を配布してそれに書かせる。

組 番 名 前 \_\_\_\_\_

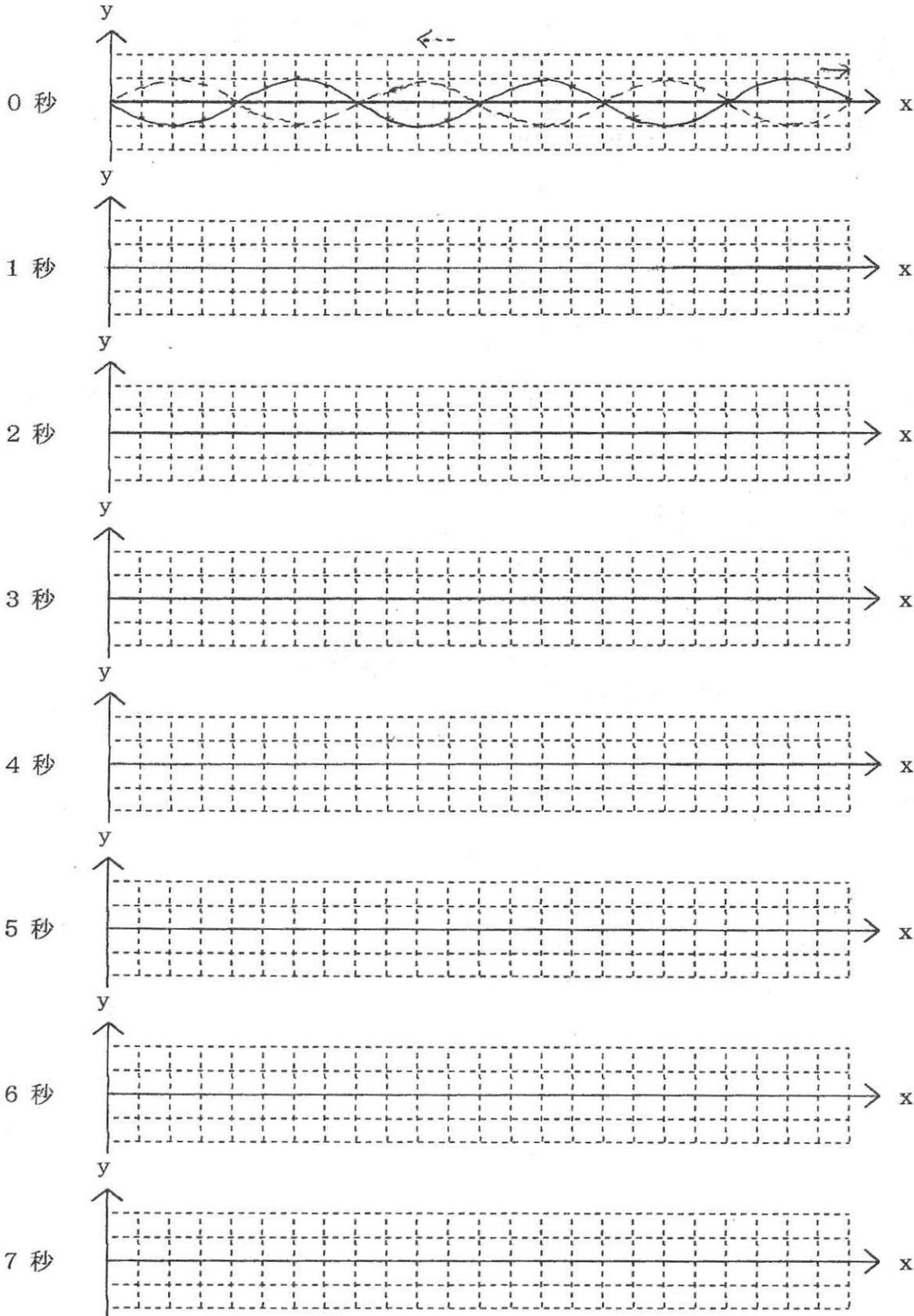
波長 8 のたて波が左側から右側へ速さ 1 / 秒で進んでいる。いまこのたて波を横波のように表示した 0 秒での図が一番上に表示されている。波が無いとき 0, 1, 2, ..., a, b, ..., f にある媒質は何処にあるかをグラフ用紙に書き込め。また 1 秒から 7 秒までのたて波の横波表示とこれらの媒質の位置を書き込め。



2 定常波  
注) B 4 に拡大して使用。

組 番 名 前

いま、左から振幅 1、波長 8、の横波が速度  $+1$  / 秒、で入射してきて、右に進んでいるものとする。0 秒での進行波の様子を一番上の図とするとき、0 秒から 7 秒までの右向き進行波、左向き進行波、合成波の様子を、色分けして書け。



3 波の反射

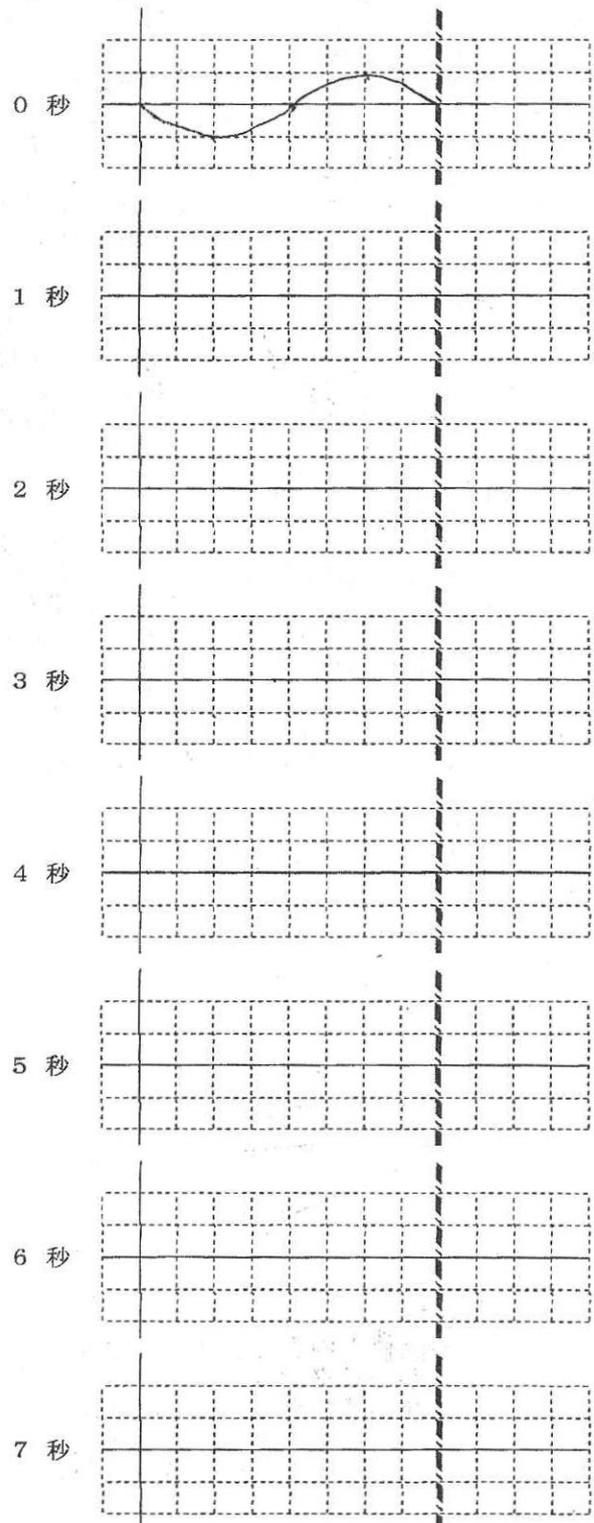
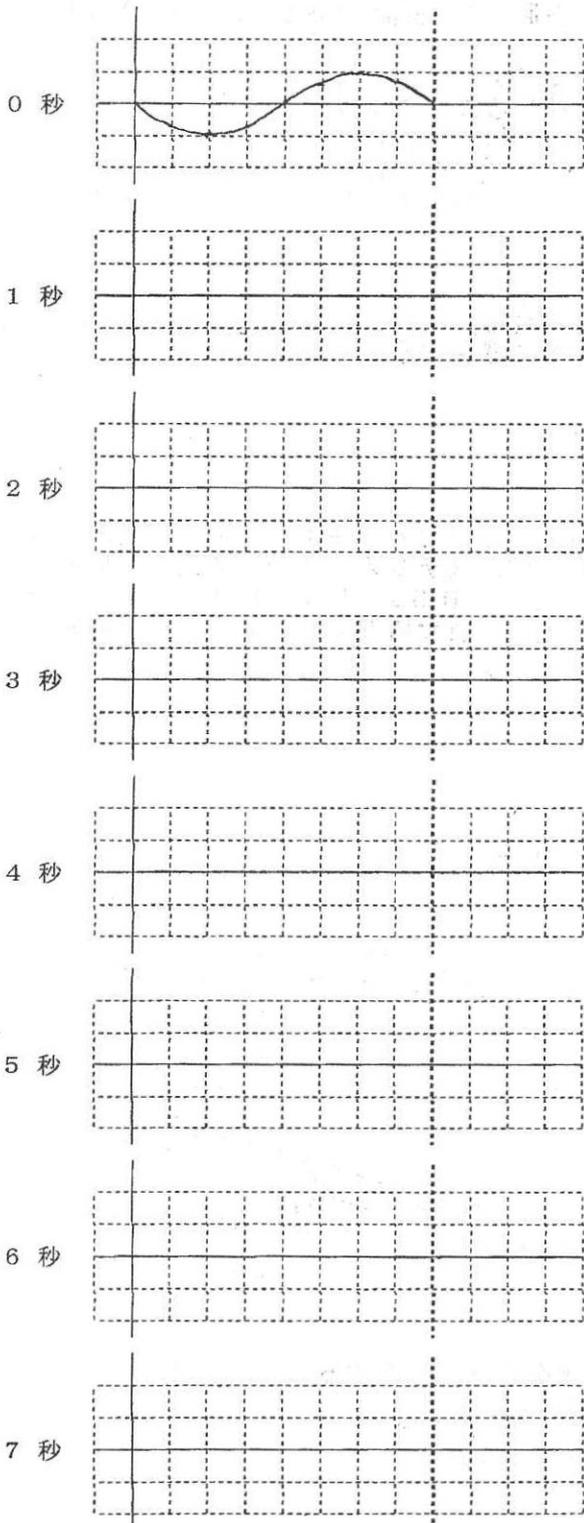
注) B 4 に拡大して使用。

組 番 名 前

いま、左から振幅 1、波長 8、の横波が速さ 1 / 秒、で入射してきて媒質の境界面で反射して、その反射波との間で合成波を形成しているものとする。0 秒での入射波の様子を一番上の図とするとき 0 秒から 7 秒までの入射波、反射波、合成波の様子を、色分けして、左には自由端の場合を、右には固定端の場合を、それぞれに書け。

自由端

固定端



## 66 コンピューターを用いての音速の測定 杉下 暁光

【目的】 コンピューターを測定装置として用い、手軽に空気中の音速を測定する。  
また、二酸化炭素中やヘリウム中での音速や個体中の音速も測定する。

【道具】 コンピューター(1台), Sound Blaster (1台), マイク(2本),  
アダプター (1個), ホース(2メートル程度… 1本), ブザー (1個)

### 【方法】

#### 〈実験〉

- ・コンピューターの拡張スロットに Sound Blaster ボードを差し込む。
- ・2本のマイクのマイク端子は、アダプターを通して Sound Blaster ボードの LINE 入力に接続する。
- ・2本のマイクはホースの両端に差し込む。マイクはオンの状態にしておく。
- ・ホースの穴にブザーを当てて、スイッチを押せるように待機している。
- ・コンピューター上で付属ソフト Wave Blaster を動作させる。
- ・Wave Blaster で録音を開始し、1～2秒後にブザーを一瞬鳴らし、録音を停止する。
- ・音量が小さければ、録音後、ソフト上で音量を十分にあげることにより、取り込まれた音の様子が画面で確認できる。

#### 〈処理〉

- ・2つの音の時間差は、バイト数として表示される。
- ・表示されたバイト数を用いて、実際の音速の計算をする。
- ・また、気温から理論計算をする。
- ・実験値と理論値の差を比較してみる。

### 【音速計算の方法】

#### ・実験値

音の入力設定が、ステレオ(2つ)、16ビット(2バイト)、44.1 [kHz] なので、1秒間に2バイトのデータが44100個、ステレオ(2つ)で入っていると考えられる。したがって、1秒間に $2 \times 2 \times 44100 = 176400$ バイトのデータが入っていることになる。このことから、表示された時間差に関するバイト数がX

バイトならば、  
時間差は、 $X / 176400$  [s] となる。

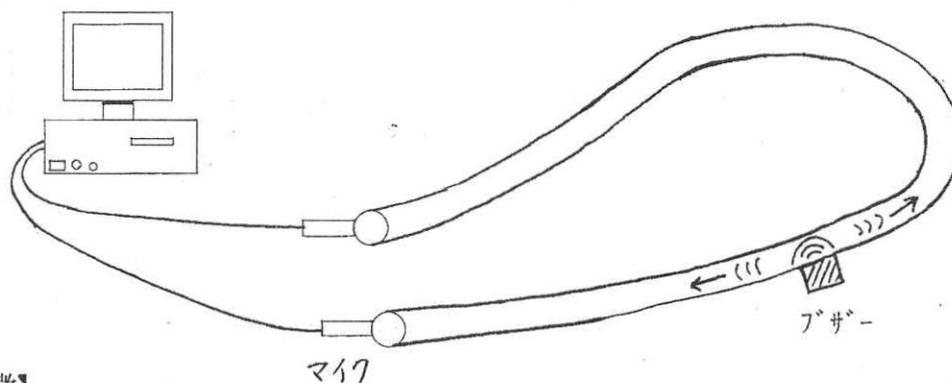
したがって、音速は、

$V = 4 \times 176400 / X$  [m/s] となる。

#### ・理論値

$V = 331.5 + 0.6 t$  [m/s] …… t は気温(°C)

### 【図】



### 【特徴】

- ・理論値との誤差は数 m/s 程度である。
- ・音がマイクに入った瞬間がどこなのかを画像を見て判断することができる。距離の違いによる音の入力のずれを視覚的に確認できる。
- ・個体中の音速も測定できる。  
(正確さに欠けるが、音速より速いことは確認できる。)

## 67 ビニールホースを用いた音速の測定 (木下正博)

### 1 目的

実験室内の机上で手軽に行え、しかも測定精度がよく(誤差は数%)、ダイナミックに音速を測定する。また、空気以外の気体(二酸化炭素など)中の音速も精度よく測定することを目的とする

### 2 材料・準備

#### ○音速測定用の材料

- ・50メートルのビニールホースを4巻(外径23[mm]、内径18[mm] つぶれにくいもの)
- ・ペットボトル(炭酸用の円筒形がよい) ・ペットボトルをたたく棒
- ・マイク(安価なものでよい) ・スピーカ ・メトロノーム
- ・アンプ(30ワット以上の出力が望ましい) ・ストップウォッチ
- ・ジョイント用のステンレスパイプ(外径25[mm]、内径23[mm]×20[cm] ビニールホースをつなぐため、ステンレスパイプを切って作る) ※隙間なくつなぐため太さがあうものを使う。
- ・ペットボトルとホースをつなぐ塩ビパイプ(内径25[mm] ペットボトルの蓋に穴をあけ、熱して柔らかくした塩ビパイプにはめ込む。他端にはステンレスパイプをはめ、ホースが隙間なくつなげるようにする。

#### ○二酸化炭素の採取用の材料

- ・気体収集用のビニール袋(ペットボトルの口を切り取り輪ゴム等でとりつける)
- ・ペットボトルの口と口を結ぶアダプター ・輪切りにしたペットボトル
- ・ドライアイス(500[g]程度あれば充分) ・お湯

### 3 方法・留意点

- (1) 図1のように50mのビニールホースをつなぎ合わせて200mにします。一方の端にペットボトルを取り付け、もう一方にはマイクを取り付けます。うまく取り付けができるように塩ビパイプやステンレスパイプなどでジョイントを作ります。(隙間なく取り付けができれば材料は何でもよい。)マイクはアンプを通してスピーカーに取り付けます。

(200mを音が伝わると音が小さくなるため、アンプで音を増幅する必要があるのです。)

- (2) ペットボトルを棒で強くたたくと、その音はホース内を通過して、すこし時間が遅れてスピーカーから聞こえてきます。音が200mの距離を進んできた時間です。この時間を正確に測定すれば音の速さが計算できるわけです。

- (3) 時間の測定は次のように行くと簡単に求まります。ペットボトルをたたく音とスピーカーからなる音がリズムカル「たたくー聞こえるーたたくー聞こえるーたたく」になるように練習をします。このリズムにメトロノームのリズムが一致するようにメトロノームの重りを調整します。このメトロノームの周期の半分(半周期)を求めると、音が200mの空気中(ビニールホースの中)を進む時間がわかります。計算は10周期をストップウォッチで測定します。この時間を20回で割れば半周期がわかります。この時間で200mを割れば空気中を伝わる音の速さがわかるわけです。

(実験例)メトロノーム10周期の時間 11.42 [秒]  
半周期(200mを伝わる音の時間) 0.5710[秒] (11.42÷20)  
空気中を伝わる音の速さ 350[m/s] (200÷0.5710)  
参考: 音速の理論値(空気中、tは気温℃) =  $331.5 + 0.6 \times t$

- (4) このホースに空気以外の気体を入れると、異なる媒質中での音速を求めることができます。空気より重い気体であれば、たたいてからスピーカーがなるまでの時間差が大きくなり一層、音の速さが実感できます。二酸化炭素は空気より重く、安全で安価な気体として良い実験材料です。二酸化炭素を安価で手軽に採取する方法は図2を参考にしてください。

### 4. 参考文献ないしは材料入手先

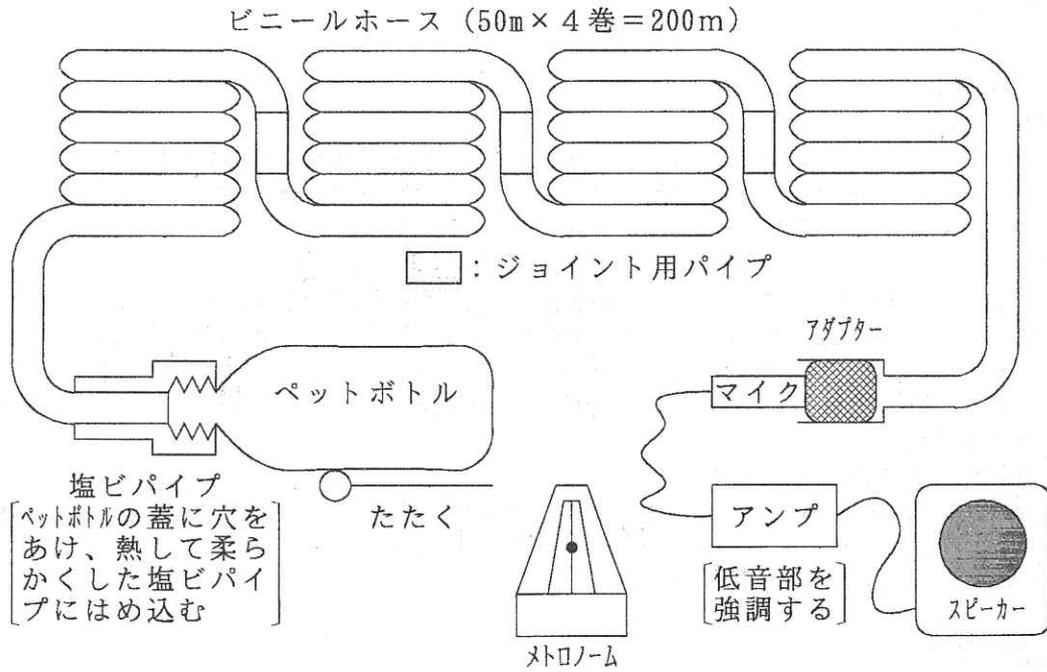
すべての材料はホームセンター等で入手できます。

ビニールホースは 50[m]一巻で8,000円程度です。

その他は数百円で購入できます。ドライアイスは教材屋で500円/kg程度です。

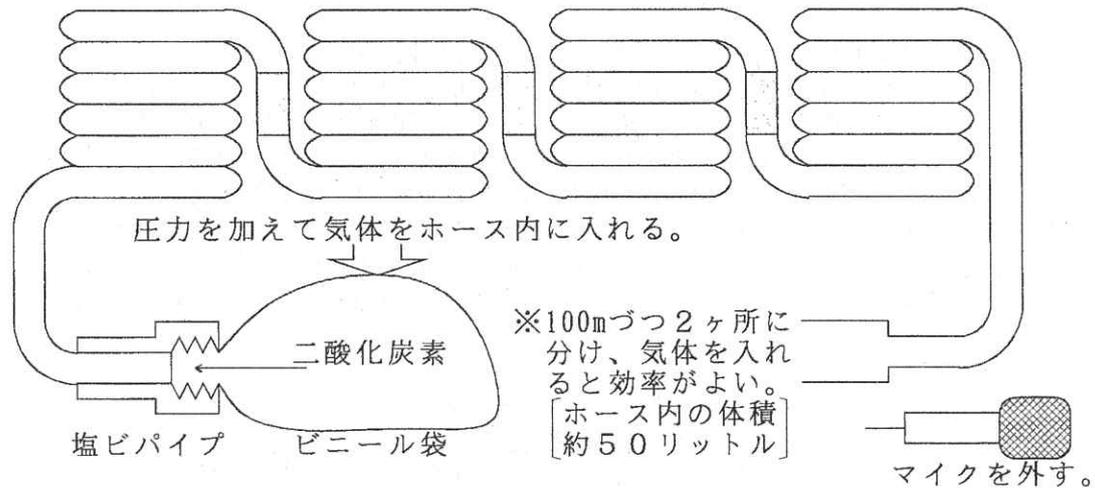
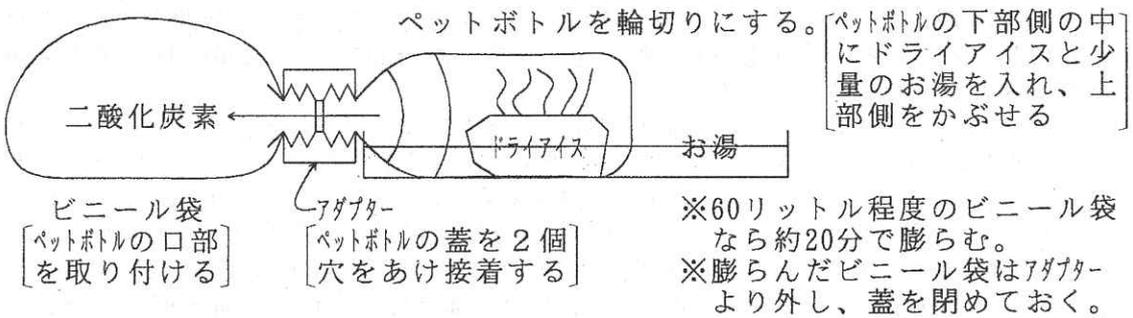
[図1]

音速の測定装置



[図2]

二酸化炭素の採取とホースへの入れ方

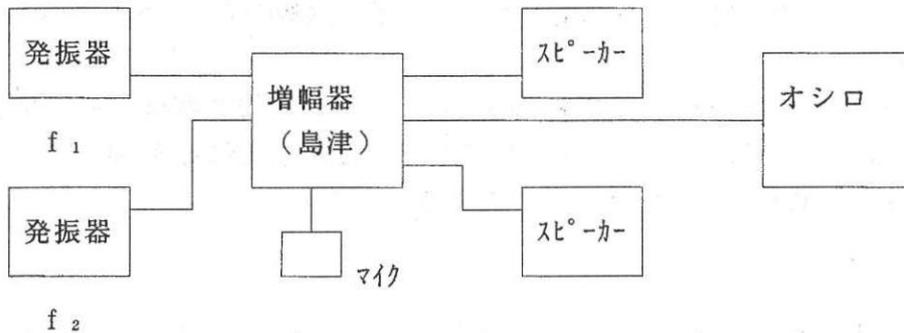


## 68 オシロによる音波の観測（原田 昭紀）

### 1 目的

オシロを使用して、音の性質を視覚的にとらえる。

### 2 配置図



### 3 実験例

- ・発振器、スピーカーは1個または2個を使う。
- ・オシロの画面が小さいのでビデオカメラを通してモニターに写すなど工夫をする。

- (1) 音の高低は振動数できまる  
発振器の周波数を変え、振動数と音の高低の関係を耳で聞く。可聴音の範囲も確認する。“ド”の音の振動数を確認する。
- (2) 音の大小は振幅できまる  
オシロに表示されるグラフの振幅と音の大小の関係を確認する。
- (3) 音色は波形できまる  
音叉、弦、人の声、笛、各種楽器の波形を観察する。
- (4) うなり  
 $f_1$ 、 $f_2$ の値を徐々に変えながら“うなり”とその合成波形を観察する。
- (5) 音波の干渉  
二つのスピーカーから出る音を自由に移動しながら聞き、強く聞こえる位置、弱く聞こえる位置を確認する。

## 69 音波の解析 (坂井一守)

### 1 目的

音波波形の観察と解析。

### 2 材料・準備

パーソナルコンピュータ (音を取り込めるもの、マイク内蔵のものが使いやすい)  
音波解析用ソフト

・マッキントッシュ用であれば音波波形の表示、音波の周波数解析、正弦波形音の出力 (基本音+倍音) などがフリーソフト等で雑誌や INFO-MAC などにあります。WINDOWS 用も似たようなものがあるようです。

### 3 方法

・母音を発声。同時に音波波形表示ソフトで観察する。(波形を止められるのでオシロより便利)

・いろいろな楽器の音波の周波数を解析。など

## 70 音波の干渉を体験する (戸田一郎)

### 1 目的

音波の干渉を、振動数の高低による変化と関連づけて体験させる。

### 2 材料・準備

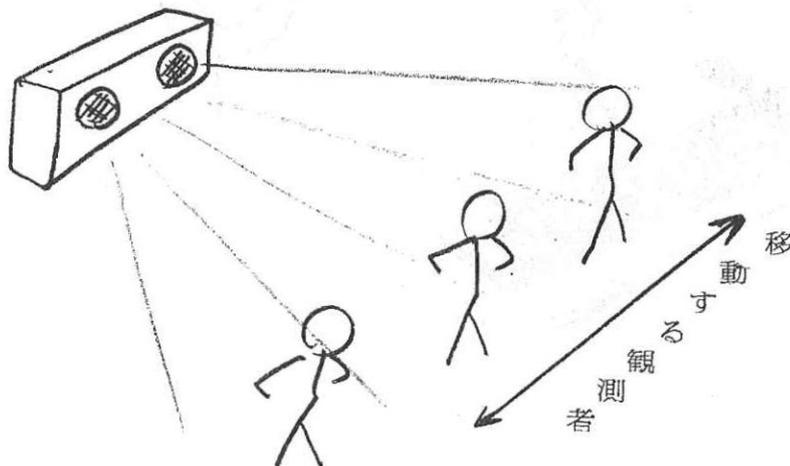
2スピーカーのCDラジカセ(1台)、テクニカルCD(CDプレイヤーなどの調整用に使用するもので、楽器店で購入。約¥3,500)

### 3 方法

テクニカルCDにはいくつもの振動数の音が高い精度で録音されている。このうちおよそ「300、1000、3000 Hz」の音を順に、20秒ほどずつ、教卓上の中央に置いたラジカセから教室内に流す。2スピーカーから同位相の音波が出るため、音は干渉する。

ラジカセから数メートル離れた位置を、ラジカセと平行(干渉縞を横切る形)に生徒をゆっくり歩かせて、干渉音を聞かせる。振動数が高くなるにしたがって干渉音による音の強弱の間隔が狭くなることをはっきりと聞き分けることができる。

テクニカルCDを  
セットしたラジカセ



## 71 ネオジウム強力磁石を用いた音叉のうなり実験 (朝野敏彦)

### 1 目的

共鳴用の音叉で簡単にうなりの実験ができる。

### 2 材料・準備

ネオジウム強力磁石1組(2個)、共鳴用音叉1組(2台)、たたき棒

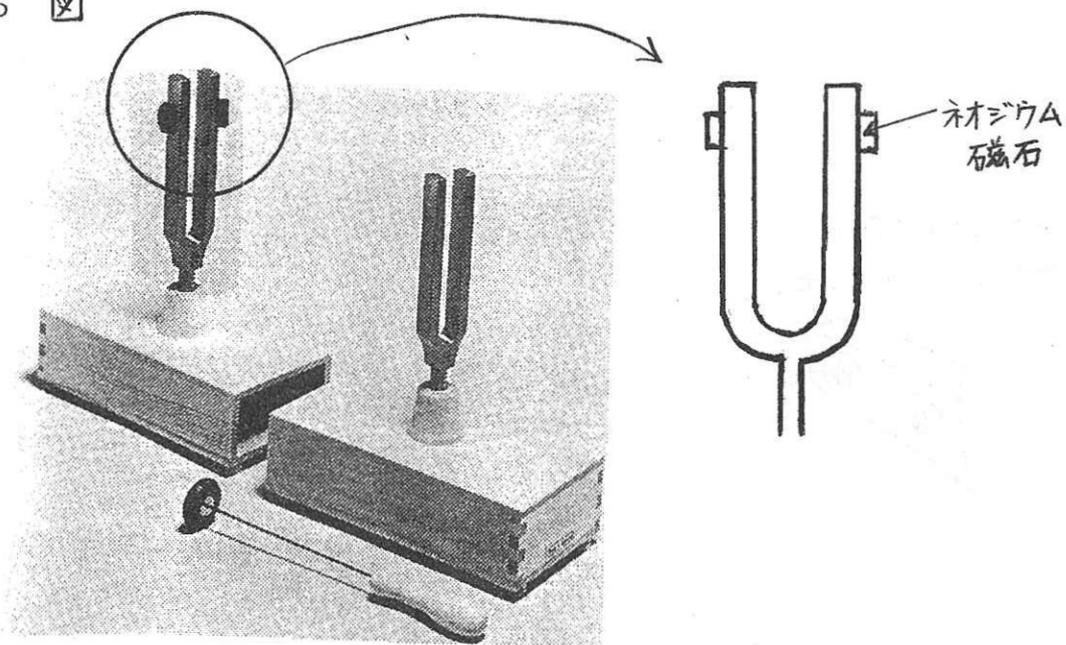
### 3 方法・留意点

- ・ネオジウム強力磁石の取り扱いに注意する。特に皮膚をはさんで血豆をつくること  
がある。
- ・磁石のとりつけ位置を上下することによりうなりの周期を簡単に連続的に変えるこ  
とができる。振動で位置がずれたりとれたりすることはない。

### 4 磁石入手先

ネオジウム強力磁石1組(2個) 各理科機器教材会社 定価 数千円

### 5 図



## 72 気柱の共鳴 (杉木 優子)

### 1 目的

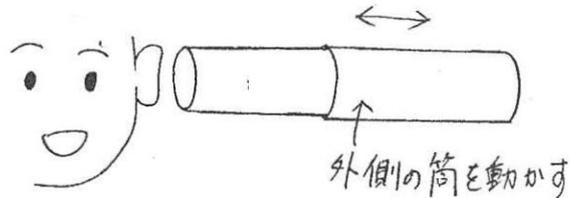
気柱の固有振動数が気柱の長さによって決まることを確認する。

### 2 材料

紙 2 枚、紙管 (またはラップフィルムの芯)

### 3 方法

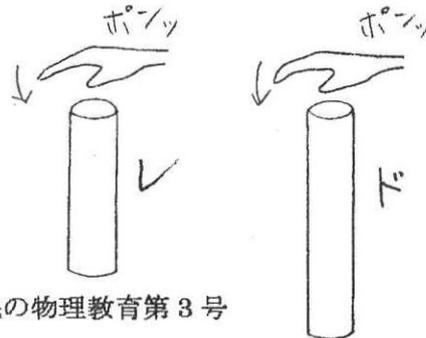
- (1) 図のように 2 枚の紙を丸めて筒状にし、耳に当てて外側の筒を動かす。筒の固有振動数と同じ振動数の音が聞こえる。



- (2) 音階(ド・レ・ミ…)の振動数になるように紙管を切り、軽く耳に当てる。耳と反対側の端を手で押さえたり離したりすると、閉管と開管の固有振動数の違いを確認することができる。管の内径を  $r$  とすると開口端補正は  $0.6 r$  である。



- (3) (2) の管口を手のひらでたたくと、開管の状態でも耳に当てて聞いたときと同じ高さの音が聞こえる。クラスで音階の担当を決めて、簡単な曲を演奏するのも楽しい。



### 4 参考文献

宝田卓男『パイプホンの制作とその教材化』近畿の物理教育第 3 号

橋本尚『楽器の科学』ブルーバックス

音階の振動数→理科年表

### 73 オルガン管の共鳴

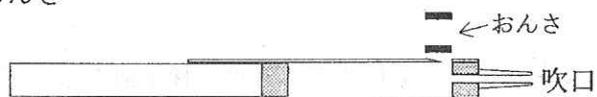
(島先宏充)

#### 1 目的

あらかじめオルガン管を調節して、おんさと同じ高さの音が出るようにしておき、つぎにおんさを鳴らしてオルガン管の吹き出し口に近づけるとよく共鳴する。ピストンの位置をかえると共鳴しなくなる。このことから、空気の摩擦音（雑音）の中で特定の振動数の音のみ強調されて楽音が出ることが説明できる。

#### 2 材料・準備

オルガン管・おんさ



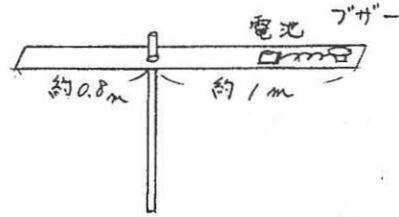
## 74 ドップラー効果 観測器具 (地元 顕)

### 1 目的

ドップラー効果の現象を手軽に観察させる。

### 2 用具

ブザーと回転装置を図のようにつくる。



### 3 方法・留意点

竿の回転速度を変えることにより、ブザー（発音体）の速さを変え、さまざまな音の変化を観測することができる。

## 手軽な音波の干渉 観測器具

### 1 目的

音波の干渉を手がるに演示し観察させる。

### 2 用具

圧電ブザー（振動数 約3800Hz, 波長 約9cm）と筒（サランラップのしん, 長さ27cm, 太さ4cm）

### 3 方法・留意点

#### (1) 二つの音源からの干渉

筒の中央にブザーを配置すると、筒の両側から音波が出て干渉をおこす。

開口からは音が回折して約180°の範囲に広がる。この筒から約10m離れたところを筒に平行に歩くと音が強くなったり、弱くなったりする。

観測者は静止して、筒をゆっくり回転しても干渉が観測できる。

#### (2) 多くの音源からの干渉

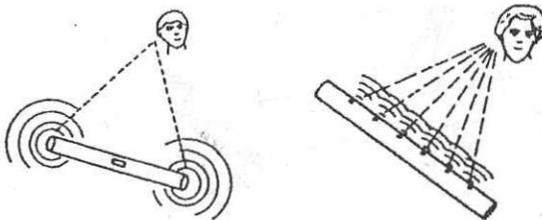
長さが約135cm, 太さ4cmの紙の筒（(1)で使った長さ27cmの筒の両側に2本ずつつないで作る）に約20cm間隔（波長の2倍）で直径5mmの穴を6箇所あける。

筒の両側は吸音材（タオルや雑巾を丸めて作る）でふさぐ。ブザーをならすとそれぞれの穴からはほぼ同位相で音波がでて干渉をおこす。干渉がはっきりするのは約10m先の場所であるが、近くでも十分注意すれば強弱を観測できる。室内でやるときは、壁からの反射に注意を要する。

### 4 出典 平成8年度全国理科教育大会 研究発表論文集 P74

都立駒場高校 教諭 小野啓一

### 5 図



## 75 テープを用いたドップラー効果のモデル実験 (戸田一郎)

### 1 目的

ドップラー効果の意味を視覚的にとらえる。また、波源が動けば波長が変化することなどを容易に理解させる。

### 2 材料・準備

幅15cm、長さ15m程度のビニールテープ(1本)

マーカー(波の数を表す目印・・・100gの錘など約10個)

### 3 方法

教卓の端に立った一人の生徒が巻いたテープを持ち、他の一人が教卓の他端に立って教卓上に伸ばしたテープをゆっくりと巻き取る。テープが動く速さを波の伝わる速さとする。テープの中間にさらに二人が立ち、一人は波源、他は観測者を演ずる。

#### 1) 波源、観測者が共に静止しているとき

波源役の生徒は「ポーン——ポーン——ポーン」言いながら一定の時間間隔で動くテープの上にマーカー(錘など)を置いていく。

波源役の生徒から2~3m離れた観測者役の生徒は、目の前に移動してくるマーカーを拾う。

(ねらい) [波源が出す波の数と観測者がとらえる波の数は等しい]

#### 2) 波源が静止、観測者が動くとき

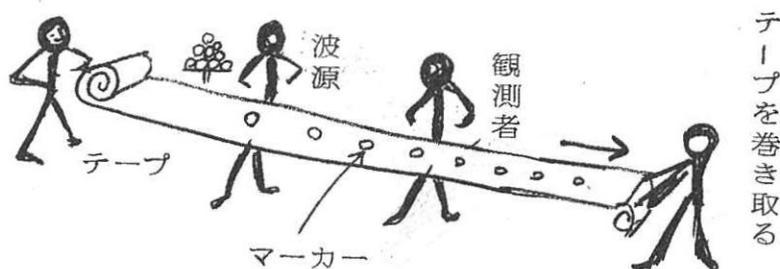
1) と同じように波源役の生徒がマーカーをテープ上に置くのに対して、観測者役の生徒はマーカーを拾いながら「波源に近づき」または「遠ざかる」。

(ねらい) [波源に近づくか、遠ざかるかによって、波源が出す波の数に比べて観測者がとらえる波の数に変化する。この時、波長(マーカー間の距離)に変化はない]

#### 3) 波源が動き、観測者が静止しているとき

1) と同じように波源役の生徒はマーカーをテープ上に置きながら「観測者に近づき」または「遠ざかる」。

(ねらい) [波源が動くことによって「波長は伸び」または「縮む」。この結果、波源が出す波の数に比べ観測者がとらえる波の数に変化する]



## 76 アンプ付き低周波発信装置を使って (谷口久信)

\* 中村理化学機器 8万円程

いろいろな分野で私が利用している上記の装置について、その使用例を列挙してみます。結構高価な装置ですが、利用価値は非常に高いと思います。( \*印は、そのほか必要な材料)

### 1 音の周波数と高さ

低周波発信器にアンプとスピーカーがついているので、この装置だけで音の周波数と高さの関係を観察することができる。周波数の表示もデジタル表示で見やすい。設定は20 Hzからできるが、スピーカーの特性から60~100 Hz程度からしか、正確に出ないが、周波数と音の高さについて実感させるには、これを教室に持って行って(軽い)聞かせるだけですんでしまう。

### 2 音の干渉 \*同じ規格のスピーカー2個

低周波発信器の出力端子に、同じ規格のスピーカーを1 m程度離して2個接続し、生徒の方に向ける。周波数を変えていきながら、生徒には左右に体を移動させ、音の強弱を観察させる。(2,000 Hz程度で判りやすい)

### 3 音のうなり \*おんさ

音叉の周波数を事前にはかかっておき、その前後の周波数で、発信器を発音させておき、音叉をたたいてうなりを発生させる。

周波数を変えてうなりの発生の様子を観察させる。

### 4 音(正弦波)の波形 \*オシロスコープ

マイク 楽器

低周波発信器の正弦波の音を聞きながら、波形をオシロスコープで観察する。マイクで採集した人声、楽器音の波形も同時に観察させる。

### 5 弦の定常波の観察 \*バイブレータを接続して

糸 滑車 おもり

周波数を変えてバイブレーターを駆動することにより、弦にできる定常波の周波数と糸の張力(つるすおもりの質量)糸の線密度の関係を、演示することができる。(装置のセットの仕方は、富山県の実験テキストを参照)

6 竹ひごにできる定常波（自由端の観察）

\*バイブレーター

竹ひご（そのほか針金などいろいろ）

竹ひごをバイブレーターに接続して、周波数を変えながら、その上にできる定常波を観察する。

7 ド・ブローイ電子波の水素原子モデル

\*円形針金 バイブレーター

円形の針金をバイブレーターにつなぎ、周波数を変えながら円形針金上に定常波を発生させる。

電子波による水素原子上の電子軌道のイメージを理解させる。

8 交流回路（1）コンデンサー

\*コンデンサー（耐圧15V程度のもの）いろいろな容量のもの  
電球（6V程度）

低周波発信器とコンデンサー、電球（6V）を直列につなぎ、周波数を変えて電球の明るさを観察する。

コンデンサーの容量による違いについても観察する。

9 交流回路（2）コイル

\*実験用コイル 電球（6V）

低周波発信器、コイル、電球を直列につなぐ。周波数を変えて電球の明るさを観察する。

コイル巻き数や、軸の鉄心ありなしについても周波数との関係を、観察する。

10 交流回路（3）共振周波数

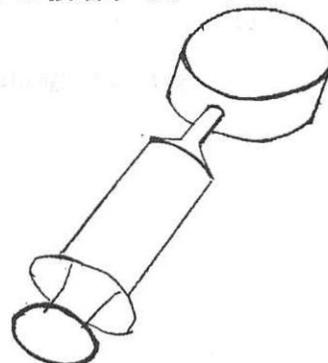
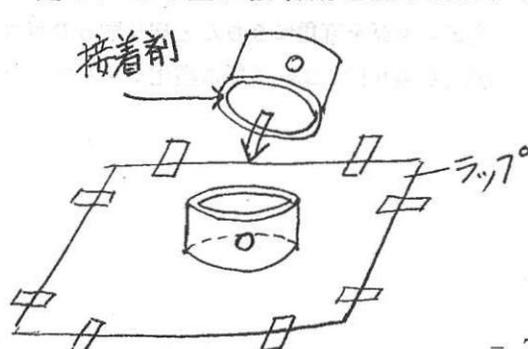
\*コンデンサーとコイルと電球

低周波発信器、コンデンサー、コイル、電球を直列につなぐ。周波数を変えて電球の明るさを観察する。

コンデンサーの容量、コイルのインダクタンスから共振周波数を計算し実際の最大の明るさとなった周波数と比較する。

## 77 塩ビパイプと業務用ラップを用いた手軽な水レンズ（加藤憲夫）

- 1 目的  
水レンズを作り、遊び感覚で凸レンズや凹レンズの性質についてについて調べる。
- 2 材料・準備
  - ・配管用塩ビパイプ（VP；給水用が望ましい）径…レンズの径として、希望のサイズ
  - ・注射器…ディスポーザブル（φ40mmまでのパイプなら10mlが適当）
  - ・業務用ラップ
  - ・接着剤…塩ビパイプ用接着剤
- 3 方法・留意点
  - (1) 配管用塩ビパイプの加工
    - 塩ビパイプには排水用（VU）と給水用（VP）があり、この場合は接着上厚みのあるVP管が望ましい。
    - ①塩ビパイプの穴開け  
ディスポーザブル注射器の先端は、注射針の関係で同一規格になっている。レンズ枠となる塩ビパイプは、切断前に穴開けをすると作業がやりやすい。ドリルはφ4mm。また、たくさん作るときは、鋸の厚みを考慮しながら穴の間隔を調整し、先に開けておくとよい。
    - ②塩ビパイプの切断…レンズ枠となるのできれいに切断する。
      - ・切断に最も適切なのはスライド丸鋸  
これは直角が精度よくできること、安全にできること、技能を必要としないこと、きわめて能率がよいことなど大変便利。また、準備室に1台おいておけば、木はもちろんアルミなども切ることができ、多目的に活用できる。残念ながら値段が高い。（新品はメーカー希望価格で8万円から。中古等は半値以下だが、直角が狂っている場合が多いので要注意。D.I.Y.の店で売っている、レジノイド砥石の付いた切断機でもよい。この場合は、1万円前後）
      - ・スライド丸鋸が無い場合は、手持ち丸鋸  
これは扱い慣れないと危険を伴う。パイプを押さえる簡易バイス等を作り、しっかりパイプを固定して切断する。鋸歯にはもちろんチップソーを用いること。
      - ・金鋸は切断面がギザギザになりヤスリがけが必要。
  - (2) 業務用ラップの接着
    - ・レンズ膜となるラップは、家庭用のものでもよいが、裂けやすく、伸びないので業務用のものがよい。業務用は1巻き1500円位で、スーパー向け商品を扱っている問屋などで入手できる。しかし、ちょっとやってみるだけなら、スーパーなどで少しもらう手もある。
    - ・いろいろ試行錯誤したのが接着剤だが、硬質塩化ビニル管用が失敗が少ない。アロンアルファでも何とかできるが、ラップに穴が開いてしまうことが多い。エポキシ系は接着不可。また、コーキング剤もいろいろ試したがうまくいかなかった。硬質塩化ビニル管用のものは、安価で300ml 500円程度。
    - ・下図のように、ラップを段ボールなどの厚紙の上で伸ばし周囲をセロテープで固定し、その上に接着剤を塗ったレンズ枠をのせ、片面ずつ接着する。



## 78 生徒が手作りできる水レンズ (加藤敏久)

レンズはガラスで作られた特殊な道具であるという印象をもっている児童にとって、水や油もレンズになることは新鮮な驚きであり、光に対する物質の性質(屈折率)の違いということに関心を持つきっかけになる。水レンズの製作は主にこれをねらったものであり、さらに、自分の手で思い通りの曲率のレンズを作ることによって、学習意欲が増し、レンズ面の曲率と焦点距離の関係に対する理解を一層深めることができる。

〔キーワード〕 物理教育、身近な素材、水レンズ、屈折、焦点距離

### 1. レンズ固定枠の準備 (教師)

#### (1) 材料

アクリル板……………厚さ3mm, 5cm×13cm 2枚  
 ボルトと六角ナット…直径8mm, 長さ10cm 2組  
 蝶ナット(ボルトに合うもの)……………2個  
 ワッシャ……………内径9mm 6枚

#### (2) 製作

- ① アクリル板にボルトを通す直径9mmの穴を2つ  
 図1のようにあける。

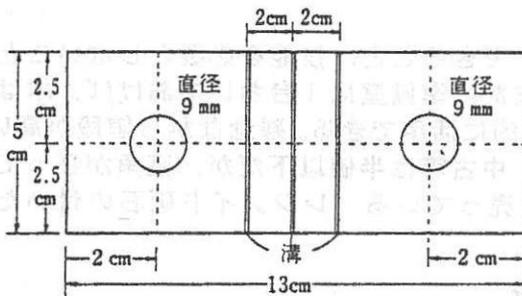


図1 レンズ固定枠のアクリル板

- ② アクリル板の中央と左右25mmはなれたところに  
 それぞれ合計3本の溝を作る。アクリルカッターで  
 何度もあとなでするようにして深さ1.5mm ぐらい

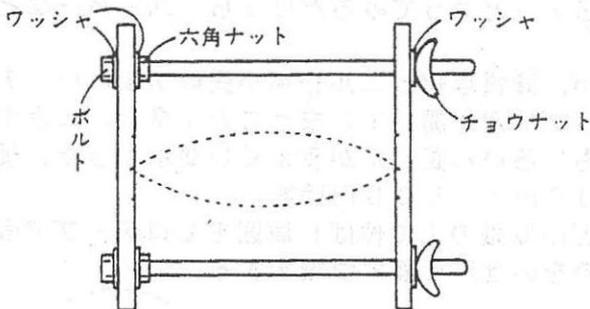


図2 レンズ固定枠

まで削る。

- ③ 図2のようにボルトとワッシャ、ナットでアクリル板の1枚を止め、残る1枚を可動とする。

※溝を3本作ったのは、1台の固定枠で2個のレンズが同時に作れるように、また、凹レンズも作れるように考えたからである。

### 2. 水レンズ用接着剤の準備 (教師)

市販の塩化ビニル用接着剤(200ml)に塩化ビニルを約9.2g(厚さ0.5mmの塩化ビニル板6×22cm分)細かく切って入れる。

一晩放置して溶かすと程よく充てん効果のある接着剤となる。それを小型試薬ビン等に分配して児童が使いやすいようにしておく。

### 3. 水レンズの製作 (児童)

#### (1) ねらい

自分で思い通りの太さ(曲率)の凸レンズを作り、水を入れてその働きを観察し、焦点距離を調べる。

#### (2) 準備物

塩化ビニル板……………厚さ0.5mm, 6×22cm 1枚  
 レンズ固定枠  
 目盛り付き工作用紙……………B4版 1枚  
 プラスチック用カッター  
 水レンズ用接着剤とスポイト

はさみ

物差し

セロハンテープ

#### (3) 製作方法

図3のように水レンズはレンズの形をした容器である。製作のポイントはレンズ面と底板とが密着して水が漏らないことであり、レンズ面を構成する2枚の塩化ビニル板を直角にきちんと切り取るのがコツである。

- ① 目盛り付き工作用紙に塩化ビニル板をセロハンテ

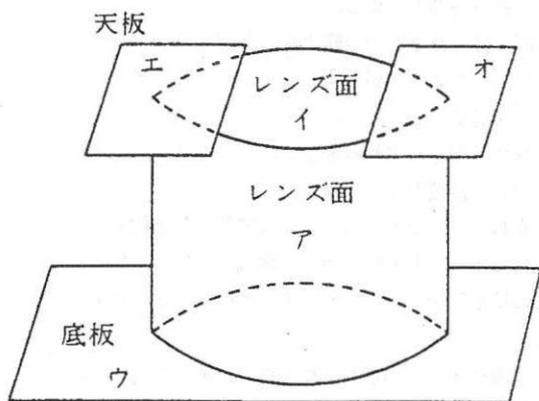


図3 水レンズの完成図

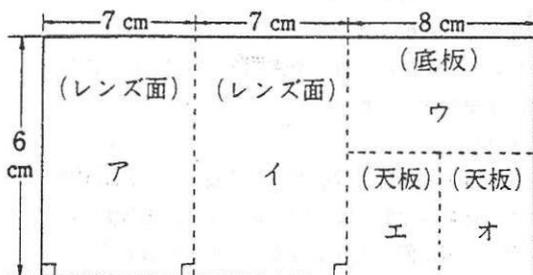


図4 塩化ビニル板切り取り寸法

ープで止め、切り取る。きちんと直角に切るのがコツで、物差し図4のように7 cmの幅でレンズ面のアとイの板をを当ててアクリルカッターで溝を切り、折り曲げて切り取る。

②切り取ったレンズ面アとイの両端を図5のようにぴったり合わせてセロハンテープで止める。これは水

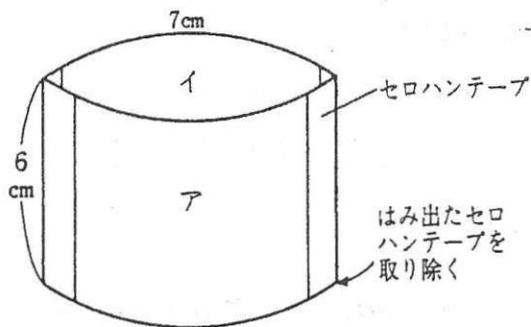


図5 レンズ面の仮止め

漏れ防止のための重要な作業である。このとき底板と密着させる側のセロハンテープがはみ出たはいけ

ない。塩化ビニル用接着剤はセロハンテープには効かないからである。はみ出た分ははさみでていねいに取り除く。

③ 仮止めしたレンズ面をレンズ固定枠の溝に合わせて挟み、図6のように二つの蝶ナットを交互に少しずつ締めて、レンズをふくらませる。中央の太さが2 cmにもなると焦点距離の短いレンズになる。あまり太くし過ぎると、接着が難しくなるので、0.5 cm ~ 2.5 cm 程度の範囲にとどめた方がよい。

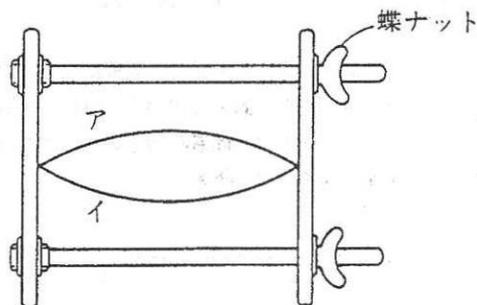


図6 レンズの太さを決める

④ セロハンテープで仮止めした部分の内側に接着剤を流し込む。図7のようにレンズ固定枠を少し傾けて自然に接着剤が流れ込むようにする。スポットをレンズの中まで入れるとレンズ面に接着剤が付いてよごれやすくなるので注意する。

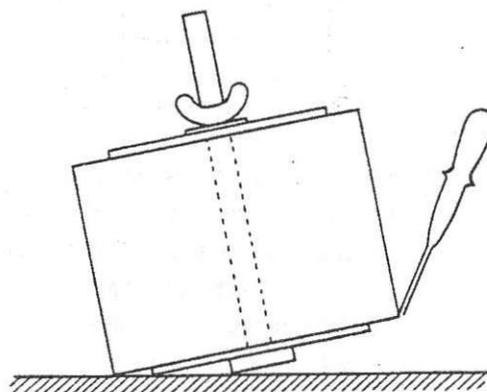


図7 レンズ面の接着

⑤ 底板ウをレンズの厚さよりも幅広く切り取る。薄いレンズを作る場合でも、容器としての安定性を考慮して3 cm以上の幅で切り取る。

⑥ 切り取った底板ウをレンズ面に接着する。レンズ固定枠にレンズ面を固定したまま底板の上に乗せ、

図8のように外からレンズ面を汚さないよう接着剤を流し込む。水漏れしないよう接着剤は多めにする。このあと天板の接着も行うが、接着剤がよく乾くまで固定枠を動かしてはいけない。

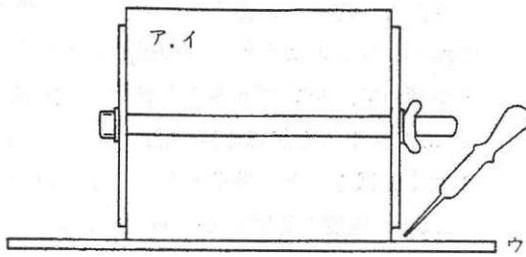


図8 底板の接着

- ⑦ 天板エ、オを切り取る。天板はレンズ面を固定する意味であるから、曲率の小さいレンズの場合は図9-aのように、曲率の大きいレンズの場合は図9-bのように使用する。

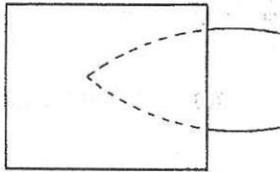


図9-a 曲率の小さいレンズの天板

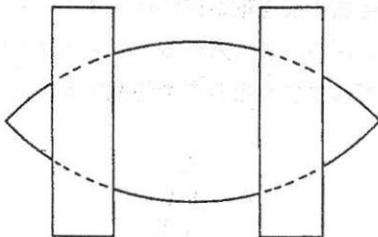
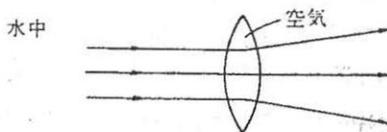


図9-b 曲率の大きいレンズの天板

- ⑧ 天板を接着する。図9-aまたは図9-bのように天板をレンズ面の上に置き、レンズの曲線に合わせて接着剤を上から少量乗せ、天板をひっくり返せばよい。このとき接着剤が多過ぎるとレンズ面を伝って接着剤が流れ落ち、レンズ面を汚すことになるので注意する。
- ⑨ これですべての接着が終了したので、接着剤がよ

- ④ 水の中に空の水レンズを置いた場合、光は広がるように出る。



く乾くまで10~15分間、動かさない。気温が低い時はより長い時間がかかる。

- ⑩ 時間が経ったら二つの蝶ナットを交互に少しずつ緩めて、レンズの形がくずれないことを確かめたら、固定枠を外す。

レンズの形がくずれる場合は、直ちに蝶ナットを締め直し、接着剤をつけ直す。

- ⑪ 完成したら、水を5mm程入れて数分間放置し、水漏れしないことを確かめる。水漏れしている箇所があれば水滴をふいてもう一度そこへ接着剤を流し込む。

【注意】塩化ビニル用接着剤は刺激臭があるので、作業中の部屋の換気には十分配慮する必要がある。

#### 4. レンズの働きを調べる実験

- (1) ねらい

媒質の性質(屈折率)の違いでレンズとしての働きが生ずることを観察する。

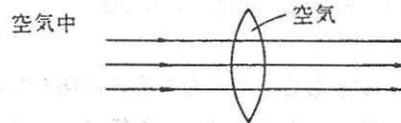
- (2) 用意するもの

水レンズ、四角の水槽、光源装置、目盛り付き工作用紙、水やサラダ油など

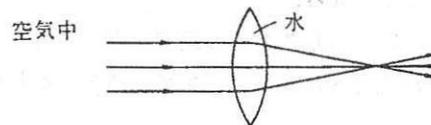
- (3) 方法

光源装置から平行光線を出し、目盛り付き工作用紙の上に水レンズを置いて光線の曲がり方を観察する。

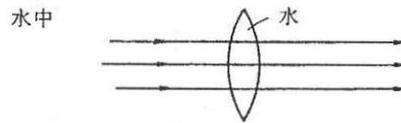
- ① 水レンズに何も入れない場合、光は直進する。



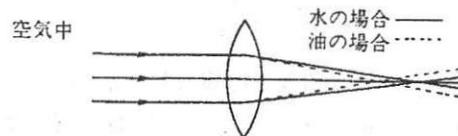
- ② 水レンズに水を入れた場合、光は焦点に集まる。



- ③ 水の入った水レンズの周りを水で満たした場合、光は直進する。



- ⑤ 水とサラダ油を比べると水の方が焦点距離が長い。



【参考文献】

神奈川県立教育センター(1968)『物理実験事典』, 水凸平レンズの製作, 講談社

## 79 ミニ4駆の車輪を用いた屈折実験 (朝野敏彦)

### 1 目的

2つの車輪に速度差あるとき、カーブすることを利用して屈折の実験の説明に用いる。

### 2 材料・準備

ミニ4駆の車輪 (パーツとして市販) ベニヤ板 (約 300×300mm 厚さ数mm)  
布 フェルト布

### 3 方法・留意点

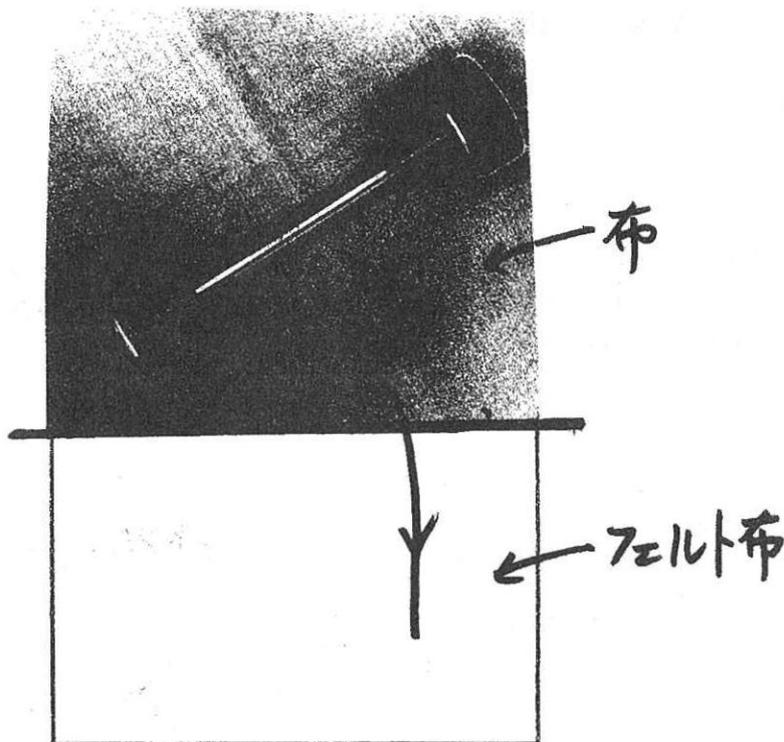
ベニヤ板の上半面に布をはり、下半面にフェルト布をはる。境界線に向けて、車軸を斜めにセットし、板をゆっくり傾けていく。片方の車輪がフェルト布上に乗ると速度が落ちるため、カーブすることになり。この現象と波動の類似性を説明する。この実験をうまく行うためにはシャフトと車輪がそれぞれ独立して回転可能なものが必要となる。

ミニ4駆の車輪はこの条件にあっている。

### 4 入手先

模型店 定価 数百円

### 5 図



## 80 ブラウン運動観察器（辻内欣一・池田 満）

### 1 材料・準備

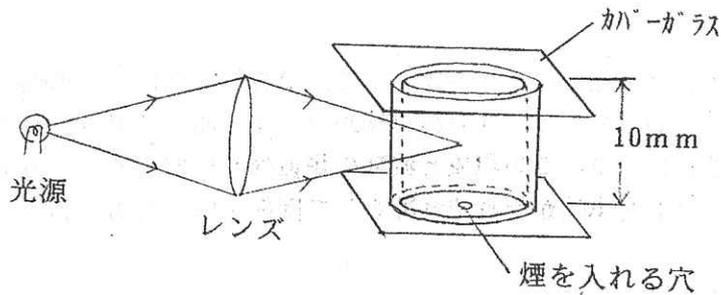
カバーガラス、透明なアクリルパイプ、アクリル板、接着剤

### 2 方法

スポイドで穴から煙を入れカバーガラスの上から顕微鏡で観察する。

（100倍～200倍）

光源として、レーザーを使ってもよい。



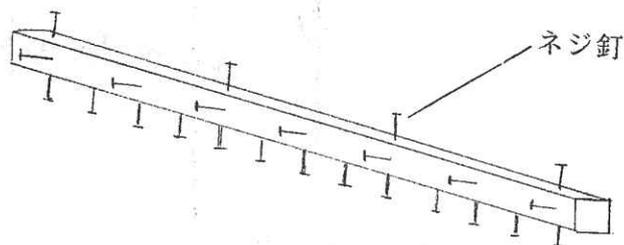
## 81 ホイヘンスの原理（辻内欣一・池田 満）

### 1 材料・準備

棒、ネジ釘

### 2 方法

水波の実験装置に以下のようなものをつるし振動させる。（手でゆっくりと動かしたほうがわかりやすい）ネジ釘が作る球面波（素元波とみなせる）の重ね合わせにより平面波ができるようすが観察される。



## 82 水光ファイバー(坂井一守)

### 1. 目的

全反射に利用について知る。

### 2. 材料・準備

ペットボトル、レーザー光源、たらい

### 3. 方法・留意点

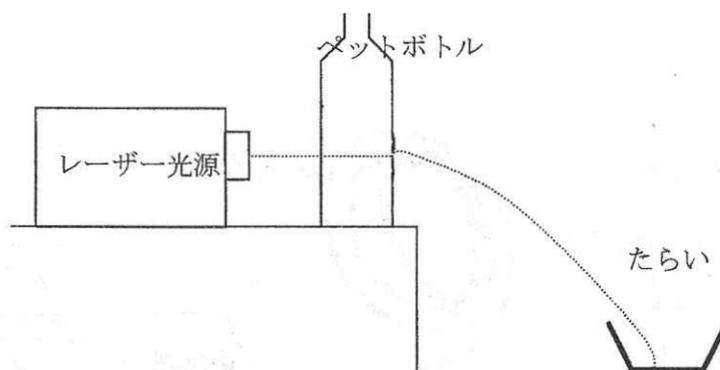
①図のようにレーザー光源の高さに合わせて、ペットボトルに穴を1つ明ける。

②穴の反対側からうまくレーザー光が穴に入るように調節する。

### 4. 参考文献

NHK放送番組(高校物理)

### 5. 図



## 83 光ファイバーを用いた音声の伝送 (朝野敏彦)

### 1 目的

安価なキットを用いて簡単に音声の伝送実験ができる。理科機器メーカー製は高価で  
演示実験が難しかったが、ここで紹介するキットで簡単にできる。

### 2 材料・準備

光ファイバー音声伝送キット 光ファイバー 光ファイバーコネクタ

### 3 方法・留意点

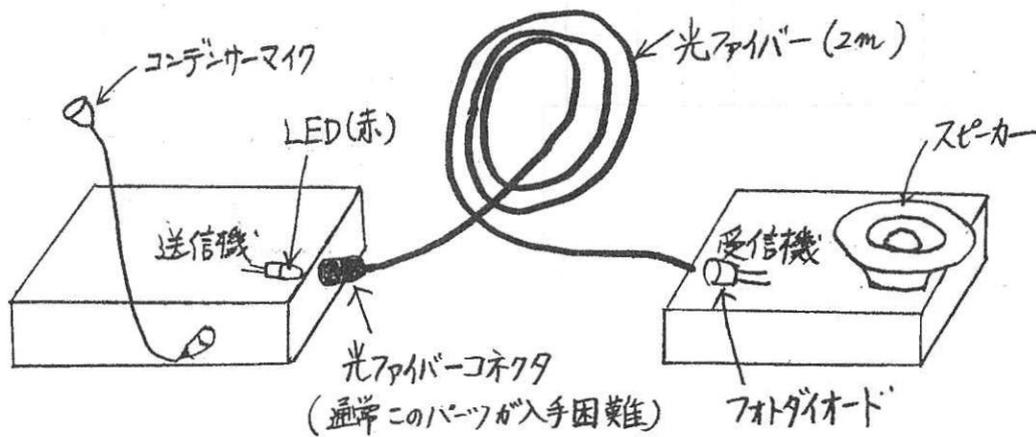
送信機側のマイクに音を入れる。電気信号を発光ダイオードの点滅に変換して光ファイ  
バー中を伝送する。受信機側で電気信号にもどしスピーカーを鳴らす。

### 4 キット入手先

FCZ 研究所 (有) 座間市東原 4-23-15 TEL 0462-55-4232

定価 約5千円

### 5 図



## 84 回折格子 (またはプリズムシート) を用いたスペクトル観察 (朝野敏彦)

### 1 目的

回折格子 (またはプリズムシート) で簡単にダイナミックにスペクトルが観察できる。

### 2 準備

- ・回折格子 (格子定数 500~1000 本/10mm 程度) グループに 1 個
- ・回折格子は高価なのでグループぶん準備できない場合は、代替えとしてプリズムシートを数 cm 角に切ったものを利用する。スペクトルはやや不鮮明になる。
- ・光源 白熱電球 キセノンランプ 蛍光灯 (白色光 3 波長タイプ) 水銀灯 ナトリウムランプ LED (赤、橙、緑、青)

### 3 方法・留意点

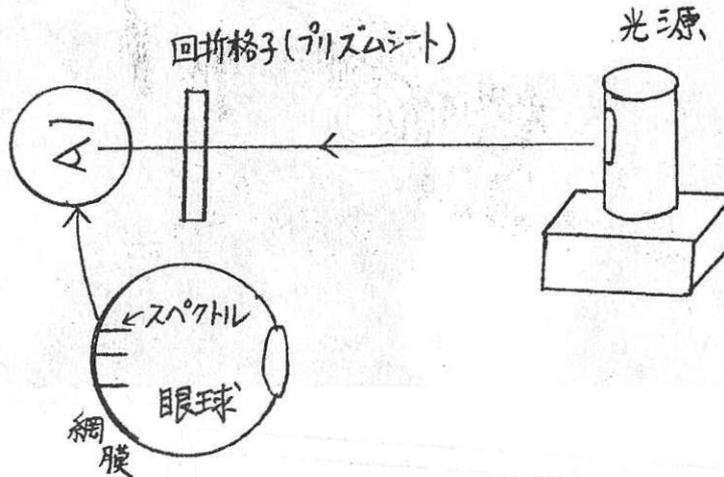
- ・暗室にして教卓上の光源を 1 つずつ点灯させ、回折格子を通してそれらを覗く。スペクトルがダイナミックに観察でき生徒から喚声があがる。

### 4 入手先

回折格子 各理科機器会社

プリズムシート 中村理科工業 600 本/10mm

### 5 図



## 85 スライドガラスでつくるニュートンリング観察装置 (木下正博)

### 1. 目的

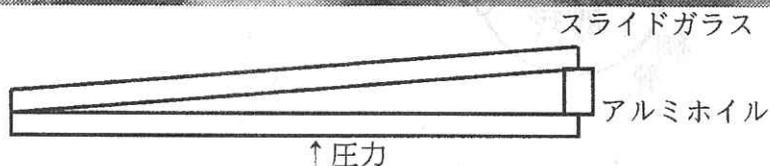
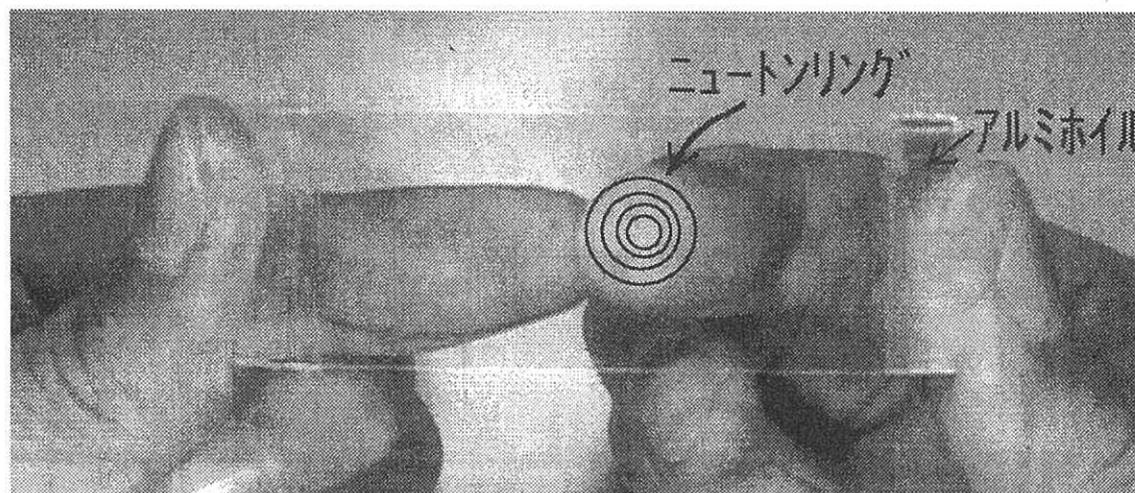
市販のニュートンリング観察装置は高価であり、生徒一人一人にじっくりと見せるだけの数はそろえることが困難である。そこで、光の波長測定はできないものの、ニュートンリングができる現象を全ての生徒に見せることのできる装置をスライドガラスを用いて製作した。

### 2. 材料・準備

2枚のスライドガラスを用意する。両面をよく拭き、汚れをとる。アルミホイルなど薄い箔を用意し、細く切ったものを2枚合わせたスライドガラスの端に挟む(下図参照)。

セロハンテープで両端を固定する。

注. スライドガラスの表面は均一な平面ではないため、観察できないスライドガラスもあるため、セロファンテープで固定する前に、試してみる必要がある。もし、観察できない場合は面を裏返しにしたり、左右を逆にしてみたりして、うまく現れる面をさがす。それでもうまくいかないときは、ガラスの質が悪いとあきらめて別のスライドガラスで同様に行ってみる。1箱(50枚入り)中、約10枚程度は粗悪ガラスがある。(本来のスライドガラスとして使用するには何ら問題は無い。)



### 3. 方法・留意点

蛍光灯などが反射して見えるように、スライドガラスを手で持つ(写真を参照)。下から指で軽く押し上げると、ニュートンリングが観察できる

圧力をかけすぎでガラスを割らないように注意してください。

※ この実験は、生徒一人一人が装置を持つことができ、生徒らに十分な観察時間を与えることができる。また、割れた場合でも容易に補充することができる。

## 86 偏光シートを用いたブルースター角の確認 (杉木 優子)

### 1 目的

非金属面で反射した光は偏光になりやすいこと、またブルースター角では完全な偏光になることを偏光シートを使って確認させる。

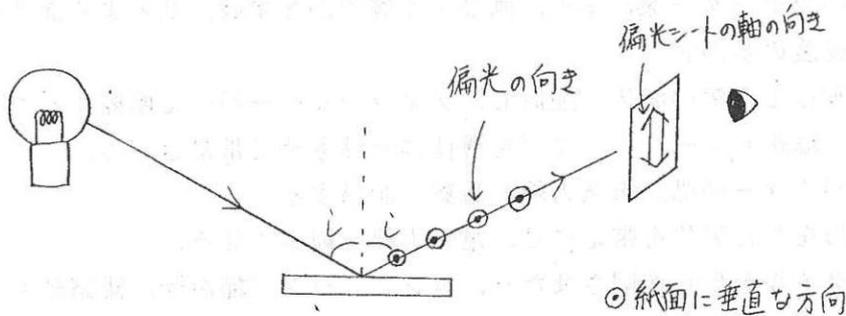
### 2 材料

偏光シート、不透明な光沢のある平らな面 (黒いプラスチック板など)、電球

### 3 方法

(1) 平らな面に反射した電球の明かりを偏光シートを通して見る。

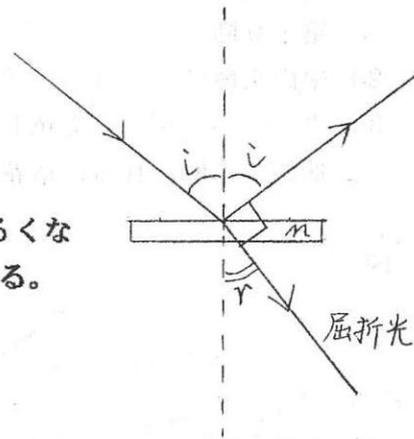
(2) 明かりが最も暗くなるように偏光シートの軸の向きを変える。反射光は平らな面に平行な偏光を多く含むので、偏光シートの軸の向きが面と直角のとき最も暗くなる。



(3) 偏光シートの軸の向きはそのまま、明かりが最も暗くなるように入射角  $i$  を変える。入射角  $i$  がブルースター角のとき最も暗くなる。

$$\tan i = n$$

(4) 偏光シートの軸の向きを  $90^\circ$  回転させると明るくなり、更に  $90^\circ$  回転させると暗くなることを確認する。



### 4 材料入手先

偏光シート：東急HANDS (渋谷店 TEL 03-5489-5111)

	片面のり	のりなし
10cm角	160円	140円
20cm角	640円	560円
50cm角	4000円	3500円

※プラスチックのシートなので切って使用することが可能である。

参考文献；PAUL DOHERTY, DON RATHJEN (広井禎ほか共訳) 『実験体験ブック2 絵を映す魔法の杖』丸善株式会社

## 87 カラーパウダーとサラダ油を使った電気力線の観察（上銘正史）

### 1 目的

カラーパウダーとサラダ油を使って、静電界での電気力線の観察を行う。様々な電界での電気力線を観察でき、材料が入手しやすく取り扱いが簡便である。

### 2 材料・準備

カラーパウダー，サラダ油，導体（画びょう，アルミホイル），発泡スチロールの容器，塩化ビニールのパイプ，ティッシュペーパー

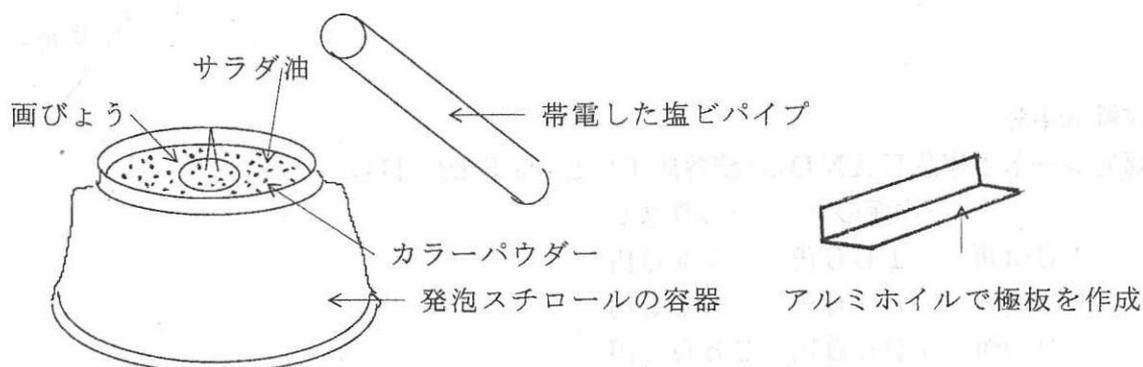
### 3 方法・留意点

- 1) 発泡スチロール容器の底に，サラダ油を一様に，薄く広がる程度に入れる。
- 2) カラーパウダーを一様にまき，画びょう等でかきまぜ，油とよく混ぜる。薄く分布する程度の量がよい。
- 3) 油中に画びょう等の導体を配置し，ティッシュペーパーで摩擦することにより帯電させた塩化ビニールのパイプを導体に接触させて帯電させる。
- 4) カラーパウダーの描く電気力線を観察，記録する。
- 5) 様々な形をした導体を帯電させ，電気力線を観察させる。
- 6) 電界ベクトルを自ら作図させたり，コンピュータで描かせ，観察結果と比較させてもよい。

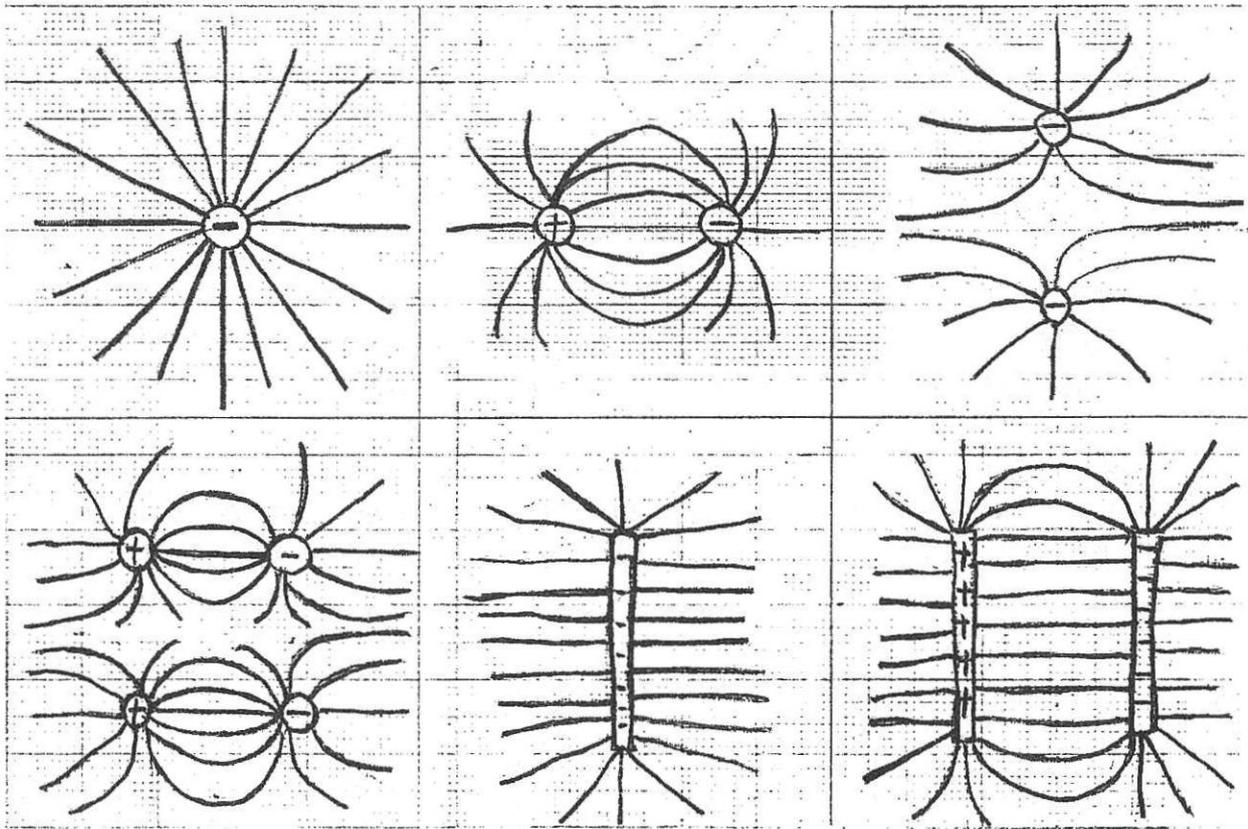
### 4 参考文献・材料入手先

- 1) 村上俊文，木下文枝：「簡易電界標本」，昭和62年東レ理科教育賞受賞作品集第19回
- 2) 中山正敏ほか10名：『物理IB』，（三省堂），P.141.
- 3) カラーパウダー：着色した木材の微粒子。模型店にて購入できる。鉄道模型の風景作りに使われる。草花の種子や色チョークを細かく砕いたものでもよい。

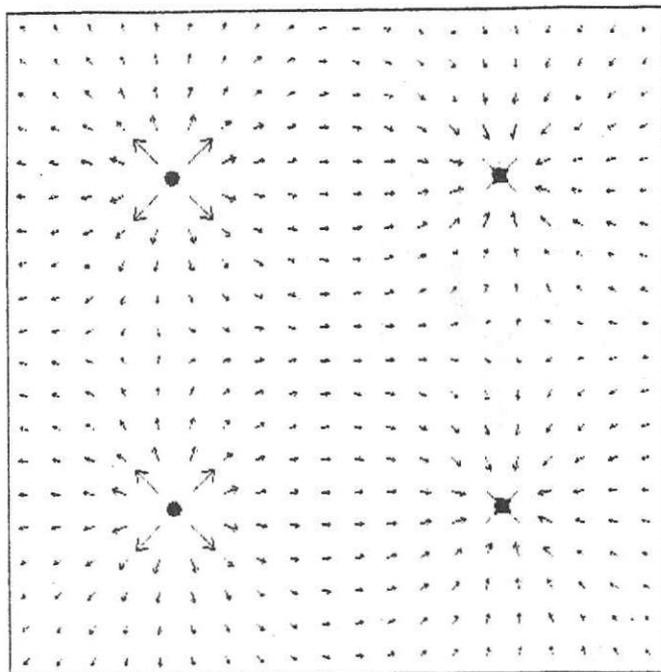
### 5 図



生徒のスケッチ



コンピュータで描かせた電界ベクトル



## 88 バンデグラフのまわりの電界の観察 (朝野敏彦)

### 1 目的

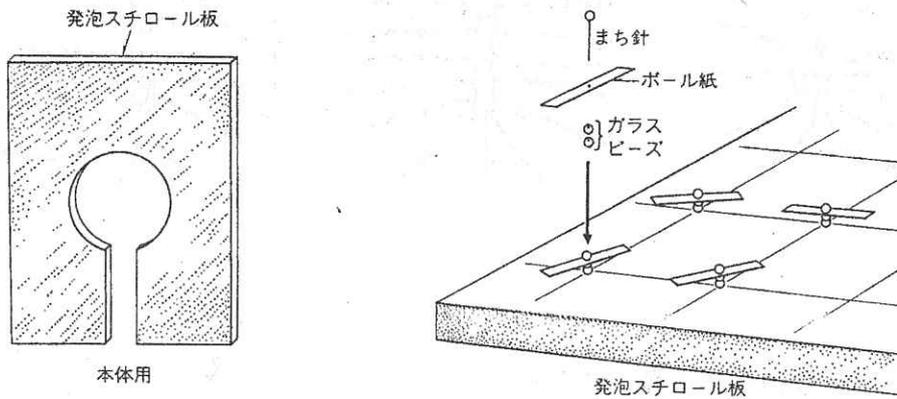
バンデグラフのまわりの電界の視覚化をはかる。

### 2 準備

- ・起電機
- ・発泡スチロール板 (厚さ 2~3 cm)、ボール紙、まち針、ガラスビーズ

### 3 方法・留意点

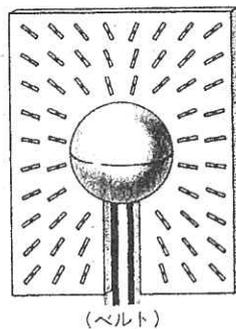
- ・発泡スチロール板をバンデグラフの球部に合わせて切り抜く。ボール紙の小片を多数作り、数のように発泡スチロール板に取り付ける。(図は参考文献からの抜粋)



### 4 参考文献

H7年度版 東京書籍「物理IB 指導資料」p248

### 5 図 (参考文献から抜粋)



## 89 「平行極板」の演示（戸田一郎）

### 1 目的

コンデンサーを理解させるため、平行極板間の電界の様子を演示する。

### 2 材料

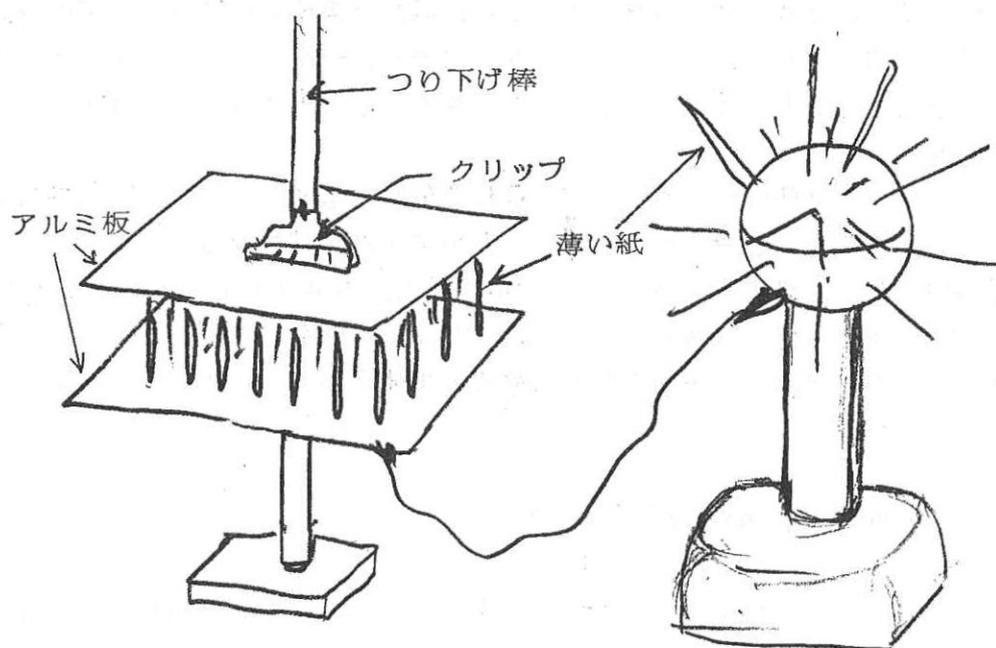
30×60 cm ほどのアルミ板（またはベニヤ板にアルミホイルを貼ったもの）2枚  
アルミ板を載せるスタンド（高さ40 cm ほど）、アルミ板を天井から吊す棒、  
バンデグラーフ起電器、薄い紙

### 3 方法

- 1) スタンドの上にアルミ板を1枚載せる。このアルミ板には幅5 mm、長さ30 cm ほどに切った薄い紙を5 cm 四方ほどの間隔で、板一面に貼り付ける。  
この板から35 cm ほど上にもう1枚のアルミ板を天井から吊す。
- 2) バンデグラーフ起電器と下部のアルミ板をリード線をつなぎ、バンデグラーフ起電器を起動する。細く切った紙は上部のアルミ板に向かって垂直に立ち上がり、お互いに平行な電気力線を示す。
- 3) 2枚のアルミ板を放電又でつなぐと、つないだ瞬間、紙は一斉に倒れ、電界がなくなったことを示す。

### 4 補足

- 1) 上部のアルミ板の中央部にビスを2～3本突き出しておき、天井から吊り下げた棒の端に取り付けた大型のクリップでこのビスをくわえてアルミ板を保持する。
- 2) バンデグラーフ起電器にも細く切った紙を貼り付けておき、「点電荷による電界」と「平行極板による電界」との違いを確認させる。



## 90 コンデンサーの接続法と蓄えるエネルギー (谷口久信)

### 1 目的

コンデンサーの蓄えるエネルギーが接続の仕方によってどう変わるかを、演示実験する。

### 2 材料・準備

- 1 F コンデンサー 2個
- 配線用コード 数組
- ギア付きモーター 1個
- 糸 3m程 単1乾電池4個
- 直列電池シェル1個 6v用電球
- 模型タイヤセットの軸1 定滑車1
- 0.5kgのおもり ゼムクリップ
- 巻き尺 鉄製スタンド

\*ギア付きモーターの低速軸に、模型タイヤセットの軸を取り付け糸を固定する。

### 3 方法・留意点

①コンデンサー1個と電池(直列6V)と電球を直列につないで、充電の様子みる。充電が終わったら(電球が光らなくなったら)電池をはずして、コンデンサーにギア付きモーターをつないで、0.5kgの重りをどこまで引き上げることができるかを見してみる。止まるまでの時間にも注意を払わせる。

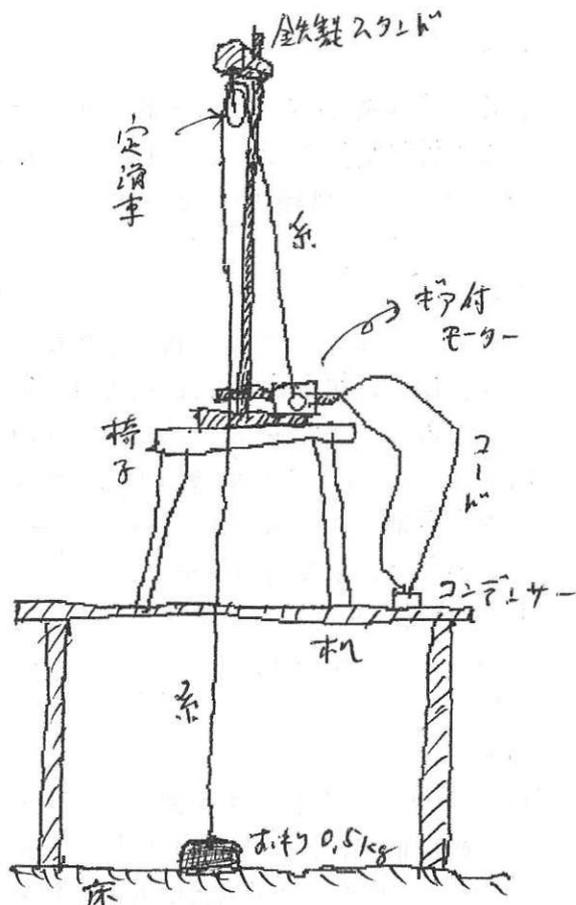
②コンデンサーを2個並列につないで、これに電池と電球をつないで、充電の様子を見る。充電が終わったら、コンデンサーにモーターをつないで、0.5kgの重りをどこまで引き上げることができるか見してみる。止まるまでの時間についても注意を払わせる。

③コンデンサーを2個直列につないで、これに電池と電球をつないで 充電して 0.5kgの重りをどこまで引き上げることができるか見してみる。

\*充分充電できれば、設定する高さ(約2.4m)以上にあがります。ダイナミックな形で演示できます。ただエネルギー保存は、ジュール熱などで失われるので、表現できませんが、エネルギー効率なども絡めて生徒実験とすれば、探求活動に利用できそうです。

### 4 材料入手法など

- 1 F コンデンサー 3,000円程度
- ギア付きモーター 中村理科 2,700円 「数百円程
- 模型タイヤセット 田宮模型 幅の太い模型タイヤのタイヤをはめない軸部分



## 91 エネルギーを蓄えるコンデンサー・・・並列接続と直列接続の違い (谷口久信)

### 1 目的

コンデンサーは、電気という形でエネルギーを蓄える装置であることを、大容量コンデンサーを使って体験させ、さらに、2個のコンデンサーの蓄えるエネルギーが接続の仕方でどう変わるかを、体験させる。

### 2 材料・準備

ハンドジェネレーター（手回し直流発電機）数個

1 F コンデンサー ハンドジェネレータの数×2個

配線用コード 数組

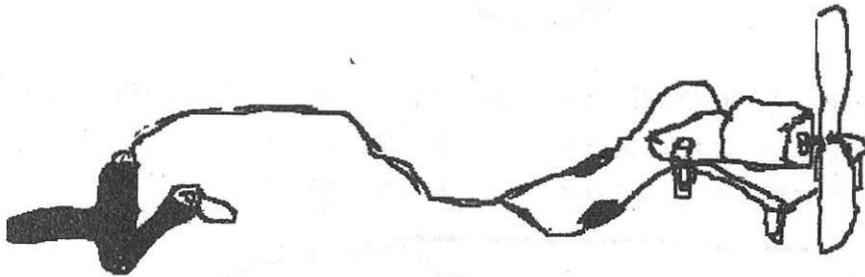
電動おもちゃ（6 V程度の電球でもよい） 数個

以上を、（ハンドジェネレータ1 1 Fコンデンサー2 コード おもちゃ1）のセットにして必要なセット数用意

### 3 方法・留意点

①ハンドジェネレーターに、何もつながないでまわしてみる。

②おもちゃ（電球）につないで回したらどうか。 重くなった？ 軽くなった？

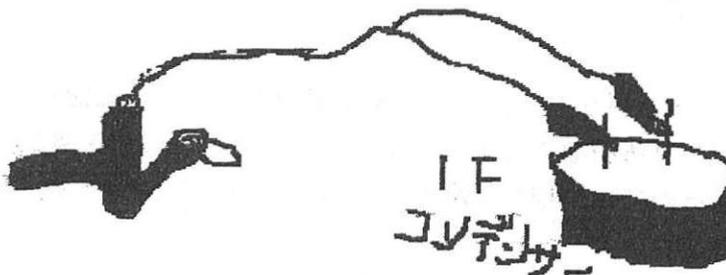


③次に1 F（ファラド）コンデンサーにつないで回してみる。

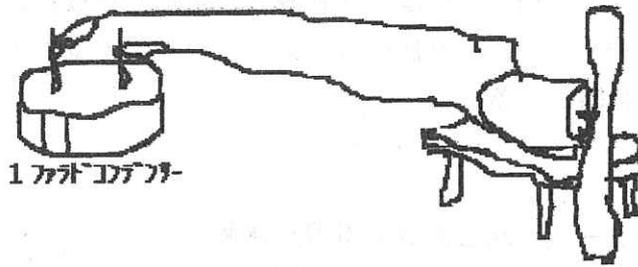
最初は 重い？ 軽い？

回し続けていると 重くなる？ 軽くなる？

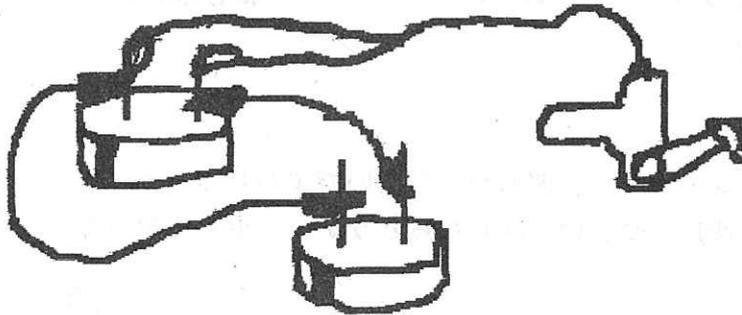
そして手を離すと・・・



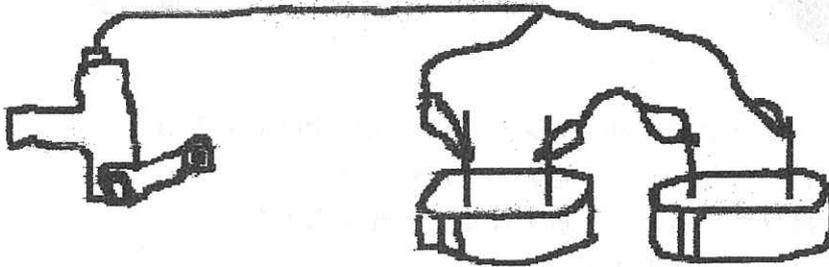
④ハンドジェネレーターで1Fコンデンサーを充電して、おもちゃ（電球）を動かして（光らせて）みる。



⑤コンデンサーを2個並列につないでハンドジェネレーターで充電してみる。  
1個の時と比べて手応えは？ 重い？ 軽い？



⑥コンデンサーを2個直列につないでハンドジェネレーターで充電してみる。  
並列の時と比べて手応えは？ 重い？ 軽い？  
1個だけの時とも比べてみる 重い？ 軽い？



#### 4 材料入手法など

① ハンドジェネレーターというのは、手回し発電器のことです。直流モーターを入れただけの物です。（透明なので中が見えます）モーターは発電器にもなるということをよく理解できるので、高校の実験室にも持っているとう便利です。

3000円程度

② 1Fコンデンサー 3000円程度 容量が大きいのでダイナミックにコンデンサーの働きが実感できます

## 92 電気容量 $C = \epsilon \frac{S}{d}$ の確認 (杉木 優子)

### 1 目的

コンデンサーの電気容量が極板面積に比例し、極板間隔に反比例すること、また接続によって電気容量が変化することを電気容量メーター (秋月電子) を使って確認させる。

### 2 材料

プラスチック板 (B4) 4枚、アルミホイル、電気容量メーター (秋月電子よりキットで販売されている)

### 3 方法

(1) 次のタイプのコンデンサーを用意する。

① プラスチック板の両面にアルミホイル (30cm × 20cm) を貼る。 (2枚)

② プラスチック板の両面にアルミホイル (15cm × 20cm) を貼る。

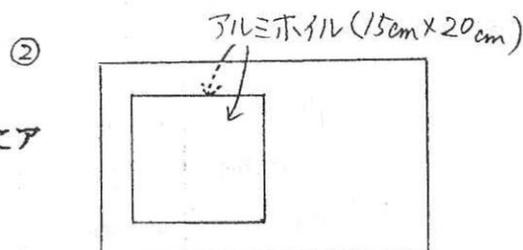
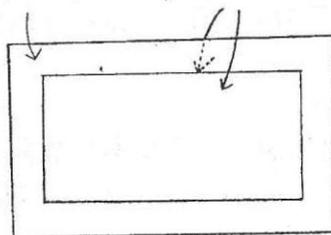
③ プラスチック板を2枚貼り合わせ、その両面にアルミホイル (30cm × 20cm) を貼る。

(2) ①の電気容量を測定し、②、③が①の電気容量の  $\frac{1}{2}$  になっていることを確認する。

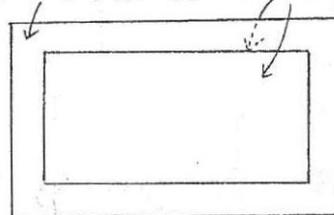
(3) コンデンサーの接続

①のコンデンサー2枚を直列、または並列に接続し、電気容量が  $\frac{1}{2}$  倍、2倍になることを確認する。

① プラスチック板 アルミホイル (30cm × 20cm)



③ プラスチック板2枚 アルミホイル (30cm × 20cm)



## 93 $Q=CV$ 演示実験(坂井一守)

### 1 目的

コンデンサの基本式  $Q=CV$  を演示実験で素早く確かめる。

### 2 材料・準備

コンデンサ、微小定電流回路(電圧電流変換回路)、ボルテージフォロワ回路、デジタルテスター、ストップウォッチ

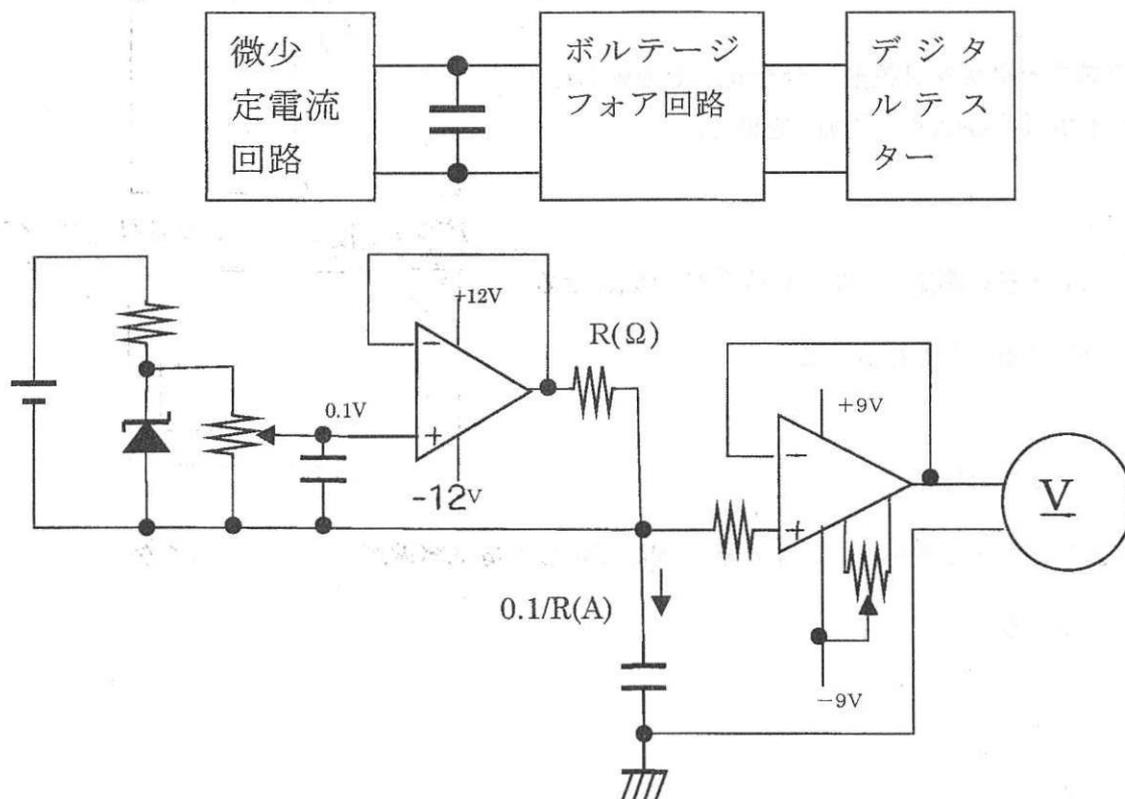
### 3 方法

- ① 微小定電流回路をコンデンサーに一定時間接続し、一定の電荷をコンデンサーに与える。(生徒はこの時点で電流についてまだ学習していないので、単に電荷を与えたとだけ、説明)
- ② コンデンサ極板間の電圧をボルテージフォロワ回路を通して、デジタルテスターで測定する。
- ③ 電荷を変えて、電圧を測定する。

### 4 参考文献

物理計測システム実用設計(CQ出版)、トランジスタ技術 1992.7(CQ出版)、アナログIC活用ハンドブック(CQ出版)

### 5 図



## 94 ラーメン屋もびっくり“電気ヌードル”（木下正博）

### 1 目的

かの有名な「電気パン」実験のカップヌードルシリーズです。カップヌードルの麺には多量の塩化ナトリウム（食塩）が含まれています。これは電解質であり、水を加えれば電流を通すようになります。そのときの抵抗によって麺が発熱し、おいしいラーメンができあがります。現代っ子の大好きなカップヌードルを材料にしているため、生徒の興味・関心度はバツグンです。一度お試しあれ！

### 2 材料・準備

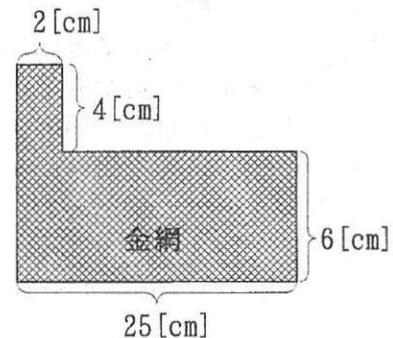
- ・カップ麺（麺とスープが別々になり、蓋付きがよい。）

徳島製粉（株）の「金ちゃんヌードル」がベスト

- ・鉄の金網（右図参照）
- ・10[cm]程度の鉄釘

注. 金網と鉄釘は表面に防錆処理がしてあるので衛生上あらかじめ薬品で取り除いておく。

- ・スライダックス
- ・交流の電流計（10A程度が計れるもの）



### 3 方法・留意点

- (1) カップの中から麺、かやく、スープを取り出します。
- (2) かやくをカップに入れます。
- (3) 金網を丸めてカップの内面にセットします。  
2[cm]×6[cm]の部分は外に折り返します。  
(後で電極として用いる。)
- (4) 麺をカップに押し込みます。
- (5) 水を麺より少し多めにいれます。
- (6) 蓋をして中央に釘を刺します。  
(奥まで入れてください。)
- (7) 図のように配線をします。
- (8) スライダックスで3[A]程度流れるようにします。  
(だいたい100[V]程度の電圧でよい。もし、電流が多く流れるようであれば電圧を下げます。)
- (9) 約3分程度で釘穴から蒸気がふきだし、おいしい臭いがしてきます。
- (10) 5～6分程度でできあがりますから、後はスープを混ぜてできあがりです。  
注. はじめにスープを混ぜると電流が流れすぎて（抵抗が小さい）熱くなりません。



### 4 参考文献ないしは材料入手先

材料はホームセンター等で安価に入手できます。

## 95 電流が磁界から受ける力 (池田 満)

### 1 目的

フレミングの左手の法則や磁力線の性質（隣どうして反発し、長さ方向には縮もうとする。）を理解させる。

### 2 材料・準備

アルミはく（台所用アルミホイル）、ホッチキス、セロテープ、発砲スチロールの小片、バッテリー、スタンド、U字形アルニコ磁石

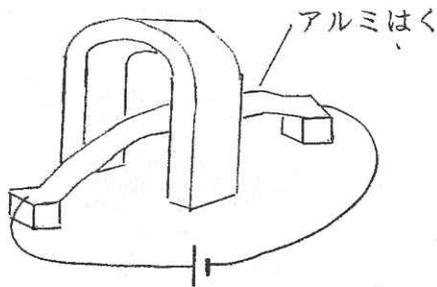
### 3 方法・留意点

(1)(2)については、いろいろな本に載っているので説明の必要はないであろう。

(3)については、電流を流すとコイルが収縮する。磁力線が長さ方向に縮もうとして力を及ぼすことを動的に見せることができる。(4)は電流を流すと隣り合う磁力どうしが反発するので円形コイルに半径方向にふくらむような力が働くことを示すための実験であるが、動きはほとんど期待できない。そこで、円ではなく細長い楕円にして動きを確認し、円にしたときどうなるかを類推させる。(2)の発展として考えさせることもできる。

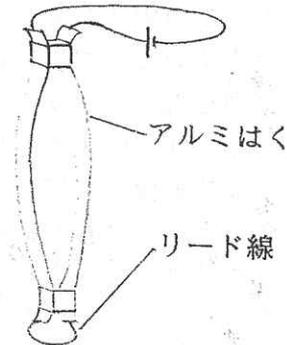
電源として自動車用のバッテリーを使う場合は、ほんの一瞬だけ通電させる。(大電流によりアルミはくが燃えてしまうこともあるので注意。)

#### (1) 直線電流が磁界から受ける力



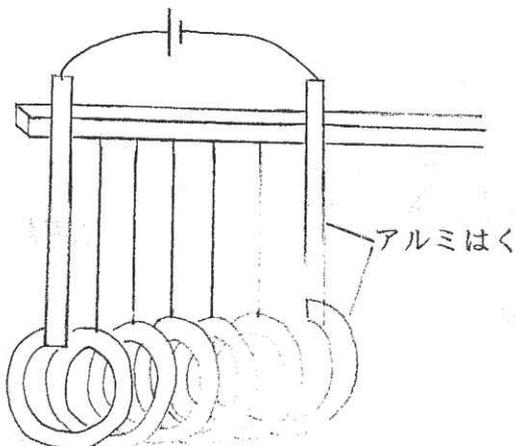
#### (2) 平行電流が及ぼし合う力

電流の向きを変え引力や斥力が働くのを見る

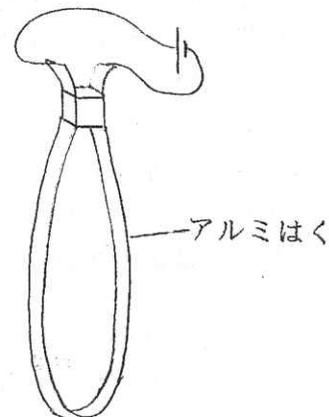


#### (3) ソレノイドコイルの収縮

アルミホイルをドーナツ状に切りぬき、それをホッチキスでつなぎコイルを作る。コイルを糸で吊るす。



#### (4) 円電流に働く力



1 目的

「うなり」を演示実験するときの基準音として、蛍光灯の点滅を利用する。

2 材料

ラジカセ、太陽電池、低周波発信器、増幅器、スピーカー、アルミホイルを巻いた長さ30cmほどの編み棒など、黒い下敷き(または黒い紙)

3 方法

1) 予備実験として、蛍光灯の瞬間的な点滅を確認させる。

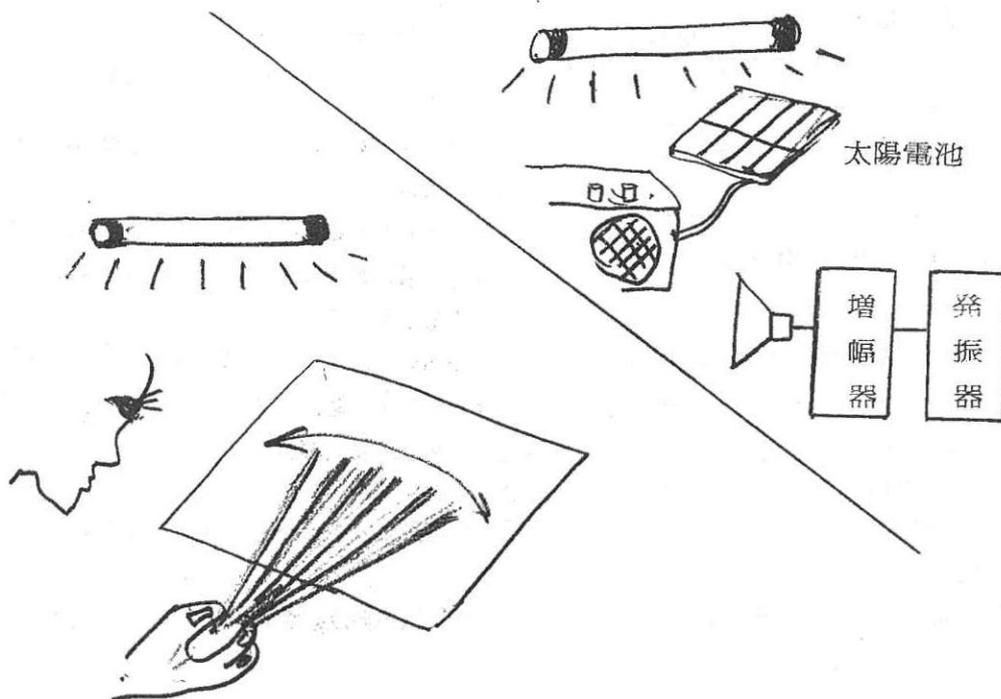
蛍光灯の下に立ち、黒い下敷きの上でアルミホイルを巻いた編み棒の一端を持って左右に振る。少し斜めからアルミホイルの反射光を見るようにして編み棒を振動させると、編み棒は何本もの縞模様に見える。

編み棒が光って見える瞬間が蛍光灯の光った時であり、くすんで見えるのは蛍光灯の消えている時間である。

2) 蛍光灯に照らした太陽電池の端子をラジカセのスピーカー端子に入力する。

ラジカセからは「ブーン」という雑音のような音しか聞こえない。

3) 一方、スピーカーと増幅器に接続された低周波発信器から120 Hzの音を出すと、蛍光灯から発する音との間にうなりを生ずるが、丁度120 Hzでうなりは消える。このことから、富山県では蛍光灯の点滅は120回/秒であり、60Hzの交流電流であることがわかる。



## 97 手軽に交流電流の位相差を観察できる生徒実験 (加藤敏久)

交流回路のインピーダンスや電流の位相差に関する実験は、市販の低周波発振器や二現象オシロスコープ等を利用した演示実験が中心である。本実験は簡単に作れる超低周波発振器を使い、抵抗とコンデンサを組み合わせた回路を流れる電流の変化を検流計の針の動きで直接観察する生徒実験であり、交流回路の諸現象に対する理解をさらに深めることがねらいである。

〔キーワード〕 物理教育, ハイテク素材, 超低周波発振器, 交流回路, コンデンサ

### 1. 超低周波発振器の製作

#### (1) 材料

- タイマー用 IC ..... NE555V  
 (セカンドソース TA7555 や SE555 も可)
- 8ピン IC ソケット
- プリント基板 ..... IC B88 など IC (DIP) 用
- 1/4W 抵抗 100Ω ..... 1本  
 470kΩ ..... 2本
- 小型ポリューム ..... 1MΩ (Bカーブ)
- コンデンサ 0.01μF (マイラ) ..... 1個  
 1μF (ノンポーラ) ..... 1個
- 12芯ビニルコード ..... 赤, 青各 20cm

#### (2) 配線図

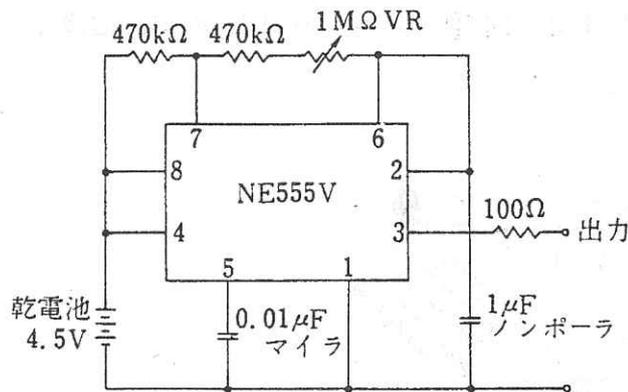


図1 超低周波発振器の配線図

#### (3) 本器の特徴

- 1MΩのポリューム(周波数調整用)を回すことによって発振周波数を0.4Hz程度から0.9Hz程度まで変えることができる。
- 出力波形は図2のような矩形波である。
- 最大出力電流は約35mAである。

#### (4) レベルシフト回路の追加

出力波形を0Vを中心とした交流波形にしたいとき

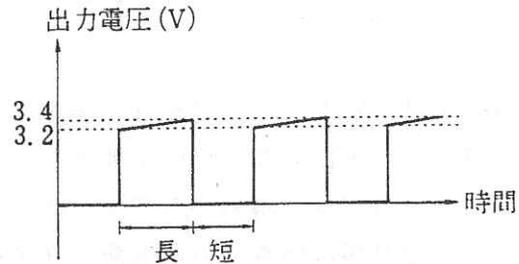


図2 超低周波発振器の出力波形

は、図3のようなレベルシフト回路を追加する。

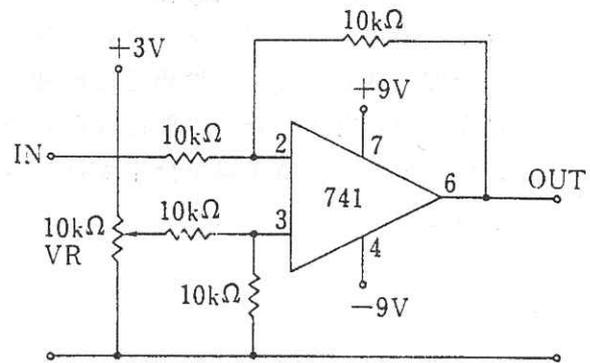


図3 レベルシフト回路

### 2. コンデンサのインピーダンスを調べる実験

#### (1) ねらい

コンデンサの容量と、コンデンサに流れる交流電流の振幅とが比例することを半定量的に観察する。

#### (2) 用意するもの

生徒用検流計1台, 1.5V乾電池3個, 1μFフィルムコンデンサ2個, ミノムシクリップ付きリード線, および超低周波発振器

#### (3) 方法

- ① 検流計とコンデンサ1個を直列に発振器の出力端子につなぐ。
- ② 発振器の周波数調節用ポリュームを少しずつ回し

ながら検流計の針の動きを観察する。

針の共振点 (0.7Hz~0.8Hz) よりも少し低い周波数で安定した滑らかな針の動きになるので、その周波数をストップウォッチを用いて測定する。

- ③ コンデンサ1個の時の針の振幅をよく観察しておき、次に2個並列の場合と2個直列の場合を観察する。

(4) 結果の例

周波数 0.56Hz

コンデンサの容量C	針の振れの範囲 [div]
2個直列 (0.5 $\mu$ F)	-2.0 ~ +2.3
1個のみ (1.0 $\mu$ F)	-4.5 ~ +5.0
2個並列 (2.0 $\mu$ F)	-9.0 ~ +11.0

(直観的にコンデンサの容量Cと電流とが比例している。)

3. C-R 並列回路の電流の位相を調べる実験

(1) ねらい

コンデンサCと抵抗Rに同じ交流電圧をかけたとき、流れる電流の位相が90°ずれていることを観察する。

(2) 用意するもの

生徒用検流計2台、1.5V乾電池3個、1 $\mu$ Fフィルムコンデンサ1個、1M $\Omega$ ボリューム1個、ミノムシクリップ付きリード線、および超低周波発振器

(3) 方法

- ① 図4のような実験用回路を組む。
- ② 低周波発振器の周波数調節用ボリュームを回し、2台の検流計G1、G2の共振周波数よりも少し低い周波数で安定に針が振れるようにする。
- ③ 1M $\Omega$ ボリュームを回し、G1、G2の針がほぼ同じ振幅で振れるようにして、位相の違いを観察する。

(4) 結果の例

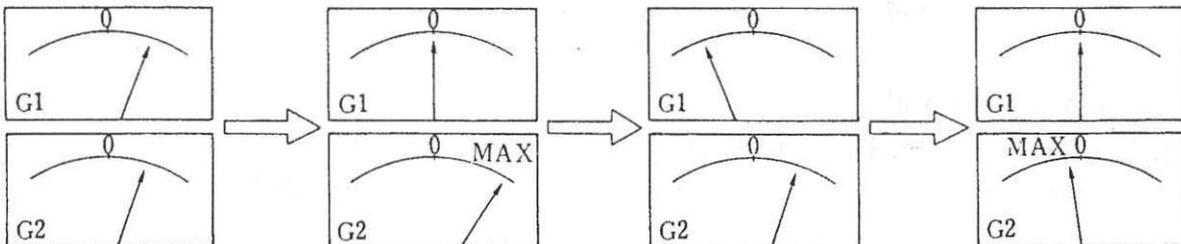


図5 C-R 並列回路の電流の位相を調べる実験の結果例 (検流計の針の動き)

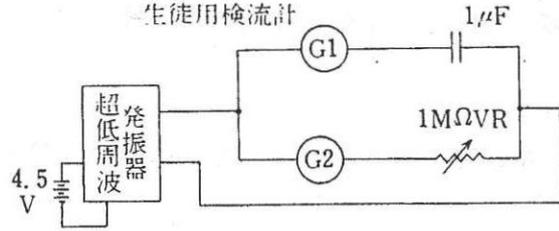


図4 C-R 並列回路の実験

レベルシフト無しの発振器を使用した場合、図5のような針の動き方になり、位相が90°ずれている様子がよくわかる。

4. C-R (直列) のインピーダンスと電流の位相を調べる実験

(1) ねらい

CとRを直列にしてRの位置を変えていったときのインピーダンスと電流の位相の変化を観察する。

(2) 用意するもの

3と同じ実験用回路、抵抗 (100K $\Omega$ , 220K $\Omega$ , 470K $\Omega$  各1本)

(3) 方法

図4の回路のCの代わりに、Cと100K $\Omega$ の抵抗を直列につないだものを使い、二つの検流計G1、G2の針の動きを観察する。220K $\Omega$ や470K $\Omega$ の抵抗でもやってみる。

(4) 結果

Cと直列につながる抵抗の値が大きいくほどG1の針の振幅は小さくなり、同時にG1とG2の針の位相差が小さくなる。

【参考文献】

- 横井与次郎 (1982)『リニアIC 実用回路マニュアル』ラジオ技術社  
 平田邦男 (1985)『パソコンによる物理計測入門』共立出版

## 98 AMラジオを作る (杉木 優子)

### 1 目的

共振回路と電波受信のしくみについて理解させる。

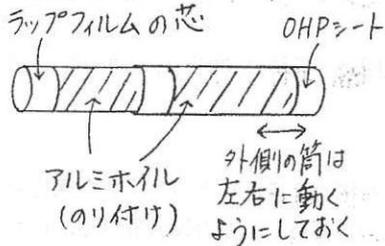
### 2 材料・準備

コンデンサー; ラップフィルムの芯(または紙管)、アルミホイル、OHPシート  
 コイル; フィルムケース、エナメル線(ホルマル線)  
 ゲルマニウムダイオード、セラミックイヤホン、ターミナル(3個)、木板  
 アンテナ、アース

### 3 方法

図のようにコンデンサー、コイルを作り配線する。

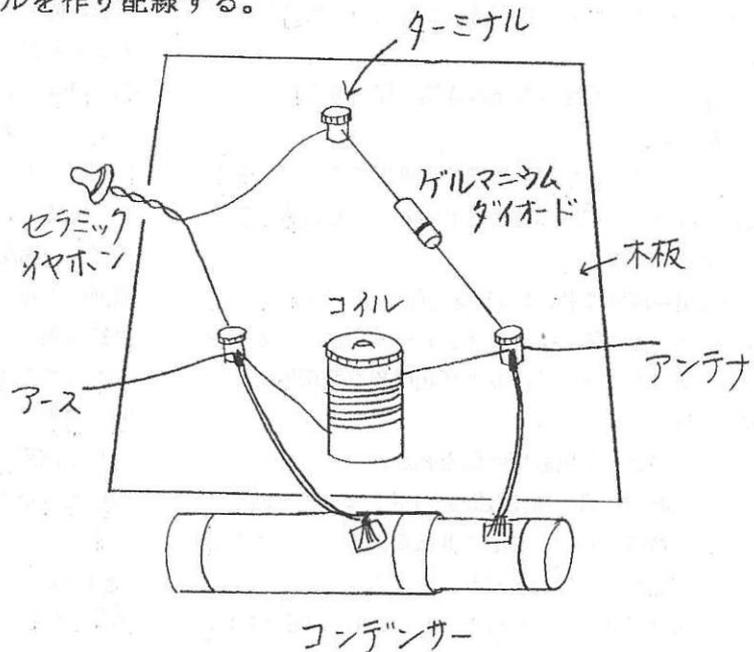
#### <コンデンサー>



#### <コイル>



[アンテナについて]



アンテナはビニル電線を10m くらい窓から垂らすか、30~40m 屋上などに張る。このとき電力損失を少なくするため、アンテナ線はできるだけ建物から離れたほうがよい。複数で受信するとボリュームは下がるが、増幅するか(※)、100m くらい張れば数人での受信は可能になる。ただし、地域によっては電波を受信しにくい場合がある。

### 4 材料入手先・参考文献

紙管; イーパック(株)富山工場 (TEL 0764-33-3171)

ゲルマニウムダイオード、セラミックイヤホン; アイコー電子株式会社

(TEL 03-3251-1335)

※高周波増幅器について; 宇田川茂雄『身近な材料で作るラジオの実験II』(SUT 1995.12月号 68-69、東京理科大学出版会)

## 99 拡散形簡易霧箱で自然放射線の飛跡を見る (戸田一郎)

### 1 目的

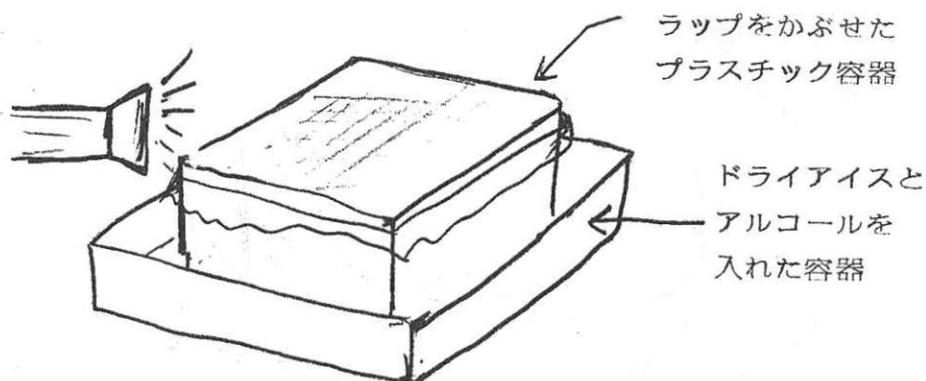
自然放射線 (特に  $\alpha$  線) の飛跡を手軽に観察する。

### 2 準備

プラスチック容器 (20 cm 四方・深さ 5 cm 程度、透明が望ましいが、半透明でも可)、この容器よりもひとまわり大きい、低温に耐える容器、ドライアイス 1 kg、懐中電灯、黒い紙 (美術用に使われるミューズコットン)、隙間テープ (裏面に接着剤のついたスポンジテープ・日曜大工の店などで購入)、料理用ラップ、エチルアルコール、輪ゴム、塩ビパイプ (直径 25 mm、長さ 50 cm 程度) またはプラスチック製物差し (30 cm)、ティッシュペーパー

### 3 方法

- 1) プラスチック容器の内側の、縁から約 1 cm ほど下がったところにぐるりと隙間テープを貼り付け、容器の底に黒い紙を敷く
- 2) プラスチック容器に貼った隙間テープにたっぷりアルコールをしみ込ませる。また容器の底にも少しアルコールをかけ、黒い紙を底にぴったり密着させる。  
この時、アルコールが底に溜まるほどかけてはいけない。(冷却効果が減少する)
- 3) 1) 2) の終わった容器に料理用ラップをかけ、輪ゴムで止める。
- 4) 琺瑯引き容器にドライアイスと 1~2 割のアルコールを入れ、そこにプラスチック容器を入れる。(プラスチック容器の底をドライアイス入りのアルコールで冷却)
- 5) ティッシュペーパーでこすって静電気を起こした塩ビパイプを、料理用ラップの 1~2 cm ほど上を左右に動かして、プラスチック容器内部の静電気を帯びた微細なごみを除去する。
- 6) 室内を暗くし、容器の側面から懐中電灯の光で内部を照らす。
- 7) 容器の上の方から細かいアルコールの霧が落ち始め、やがて容器の底の方にパッと白い飛行機雲のような飛跡が 5 cm ほど走るのが見える。これが空気中の  $\alpha$  線の飛跡である。
- 8) 容器の蓋であるラップに水滴がついて内部が見にくい場合は布でふき取るか、ヘアードライヤーで乾かす。



## 100 プラスチックシャーレで $\alpha$ 線の飛跡を見る (戸田一郎)

### 1 目的

生徒一人一人が自作できる、簡単で安価な拡散形霧箱である。

### 2 材料

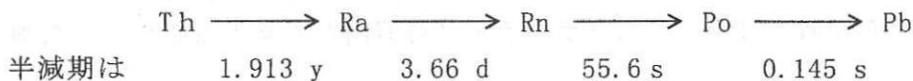
プラスチックシャーレ、黒い紙 (美術用ミューズコットン)、エチルアルコール  
懐中電灯、ドライアイス、マントル (ガスランタンのバーナーにかぶせて使用する。  
登山用品店で購入)、注射器、プラスチック製物差し、ティッシュペーパー

### 3 方法

- 1) プラスチックシャーレの内部の底に黒い紙を敷き、そこにアルコールをかけて黒い紙を底に密着させ、蓋をする。アルコールが底に溜まるほどかけてはいけない。
- 2) マントルを1枚入れた注射器から、シャーレの蓋を少し持ち上げて、注射器内の気体をシャーレ内に注入し、再び蓋をする。
- 3) シャーレをドライアイスの上に水平に置き、シャーレの側面から懐中電灯で内部に光をあてる。
- 4) シャーレの底に数センチほどの長さの白い $\alpha$ 線の飛跡が非常に多く観察できる。

### 4 指導上の留意点

マントルにはごく微量のトリウムが塗ってあり、以下のようなトリウム系列の $\alpha$ 崩壊による壊変を起こす。



この時、Rn から Po になるときに1度 $\alpha$ 線を出す、Po から Pb へ $\alpha$ 線を出して壊変するときの半減期が非常に短いので、飛跡をよく観察すると左右反対方向、またはV字形に飛跡が飛ぶように見える場合が多い。

しかしこのような飛跡も、Rn から Po への半減期がほぼ1分なので、数分もするとこのような特徴的な飛跡が消滅するので、「半減期」の概念を指導するには適当であると思われる。



# 101 物は何でもくっつく (大蔵 整)

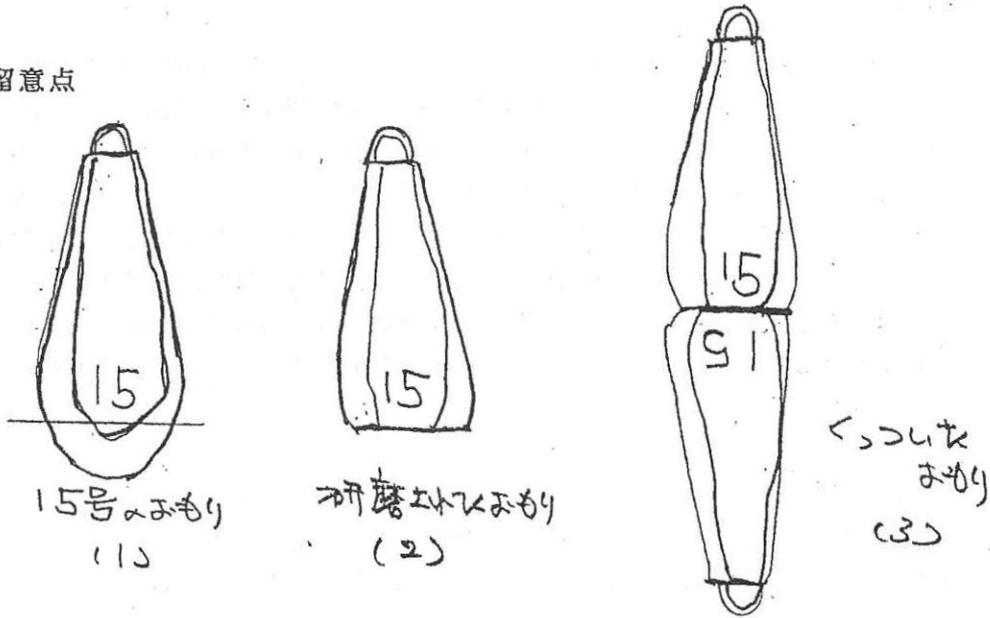
## 1 目的

物質を作る分子 (原子) は互いに引き合う力が働く。  
この現象を実験で確かめる。

## 2 材料・準備

釣り用の錘 (おもり) 15号 2個  
荒仕上げ用ヤスリ 1個

## 3 方法・留意点



- 1) 図 (1) の錘を図 (2) のように、ヤスリで研磨して作る。(2個)
- 2) 2個の研磨された錘を図のように互いに少し押しつけると、錘はくっつく。
- 3) 研磨された断面の凹凸が小さければ、接触面積が増え、互いに引き合う力も大きくなる。

## 4 参考文献ないしは材料入手先等

96年度の日経新聞「理科教育の現場から」  
(ICU高校教諭 滝川洋二)

おもり15号 4個で160円 (カーマ店)

### 理科教育の現場から

一月初めに英国で開かれた科学教育の研究会に参加した。英国は、数年前まで全教科に占める理科の授業時間数の割合が約10%だったが、新しくシヨナルカリキュラムを組んだ結果、全体の約20%になった。

上級高校進学者が5%なのに対し、ノーベル賞受賞者の人数は世界のトップレベルを維持している英国が、国民教育として理科を重視し始めた。

研究会で、同国の先生たちは「現代では、教育の基本は読み書き、算数としてサイエンスだ」と、だれもが強調していたのが印象的だった。一方、日本では理科の授業時間数の割合が、この数年間で11.2%から8.2%に減っている。

船は軟らかいので、互いに押し付けると断面の凹凸がぶれて接触面積が増える。また物質を液体や小さな粉の状態にし接触面積が大きくなると、互いに引き合う力も大きくなるわけで、溶接や接着剤が液体状態で使われるのも、この原理からだ。

(ICU高校教諭 滝川洋二)

### ノーベル賞輩出の英で拡充

これは物質をつくる分子 (原子) に互いに引き合う力が働くためと説明されている。この力は接触する断面間の距離が分子一個の大きさを幾度にならぬと、働かない。

例えば、割った皿の破片二枚をくっつけようとしても、表面が凹凸だらけで接触する場所が少なく、分子が引き合う力が働かないところが、皿の材料でもあるセラミックが印象的だった。一方、日本では理科の授業時間数の割合が、この数年間で11.2%から8.2%に減っている。

## 102 Windows環境で使用できるシミュレーションソフトウェア（朝野敏彦）

### 1 目的

学校のコンピュータがWindows環境に移行しつつあり、学習効果の高い物理現象のシミュレーションを授業に導入する。

### 2 準備

- ・北村俊樹著 「音声と運動の実験室」 森北出版 3,914円（1996）  
「電磁気・光と原子の実験室」森北出版 3,800円（1997）

著者は都立高等学校の教師であり、生徒と教師の双方の利用を考えた学習効果の高いシミュレーションソフトウェアを作成している。各巻とも、添付のCD-ROMに30あまりの良質のシミュレーションソフトウェアが収められている。書籍は現象の解説やソフトウェアの操作説明が記述されている。書籍の価格から考えて、ソフトウェアはほとんど無償提供となっており、物理教育に対する著者の情熱が伝わってくる。

- ・Windows 3.1かWindows 95（マイクロソフト社）が動作するコンピュータ。

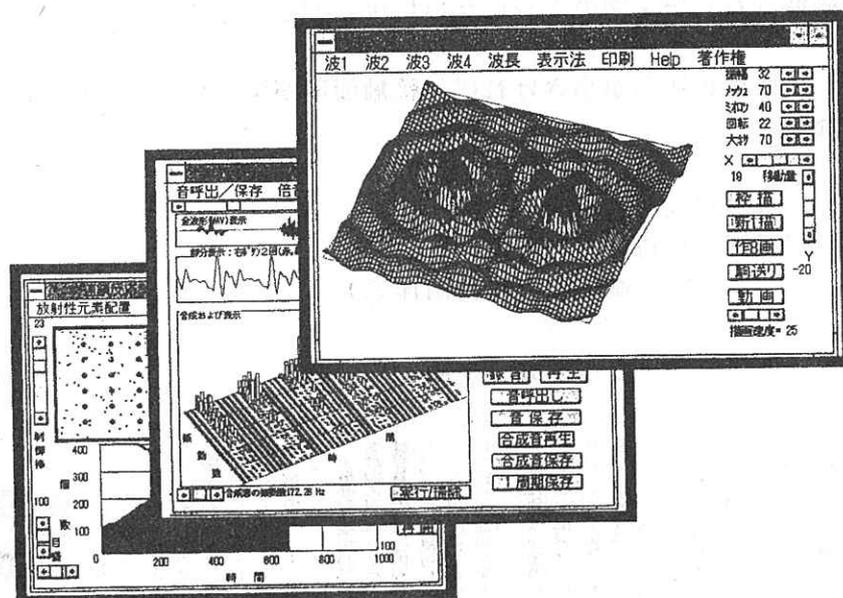
### 3 方法・留意点

- ・液晶プロジェクターや大型テレビで投影して一斉授業に用いる。
- ・スクールセットを購入してパソコン室等で利用する。

### 4 入手先

書店。

### 5 図



## 103 安価にできる簡易大型デジタルストップウォッチ (木下正博)

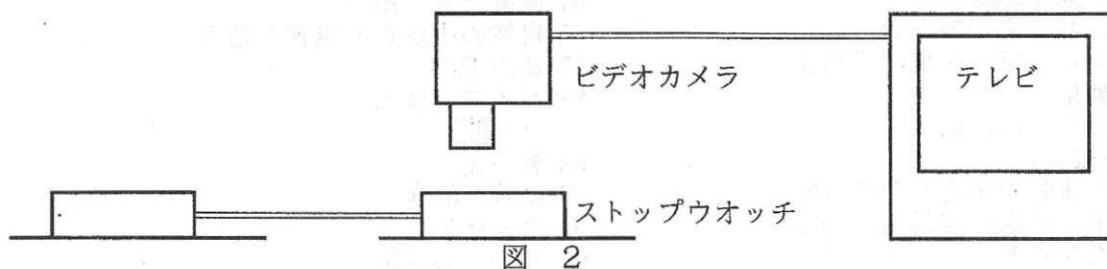
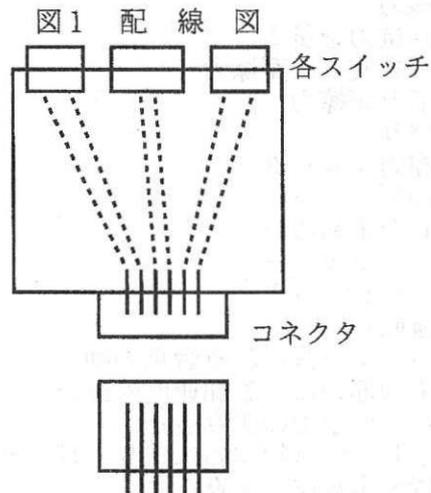
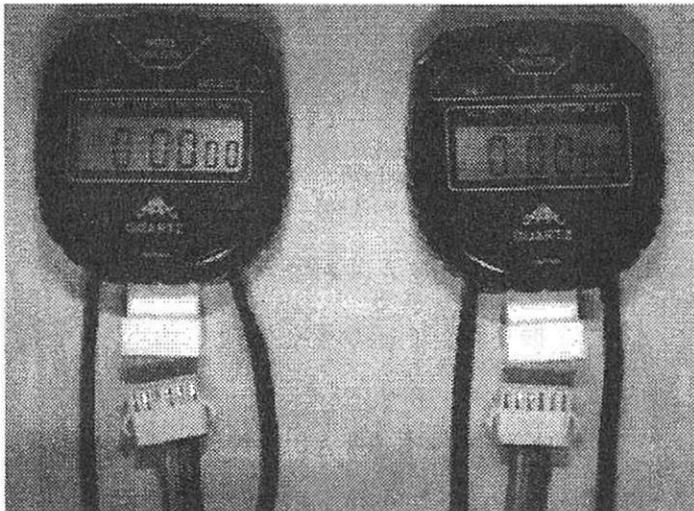
### 1. 目的

教師が実験室などで演示実験をする場合、時々演示用大型ストップウォッチがあればよいと思うときがある。ところが演示用大型ストップウォッチは高価でなかなか購入できないのが現状である。そこで安価に作製でき、しかも発展性をもつ演示用大型ストップウォッチの製作を紹介する。

### 2. 準備・材料

安価なデジタルストップウォッチを2台用意する。裏ぶたをはずし各スイッチを図1のように配線する。ジョイント用のコネクタ (SMコネクタ 6P 380円)、配線等 (フラットケーブル6C) はパーツ屋で購入する (非常に安価)。

2台のストップウォッチをつなげ、片方のストップウォッチを図2のようにビデオカメラ下にセットする。もう片方のストップウォッチを操作すると、その結果がテレビに映し出される。



### 3. 方法・留意点

教師は手元のストップウォッチを使って測定し、手元でタイムがカウントできる。生徒は、テレビ画面でリアルタイムに測定の様子を見ることができる。

### 4. 発展

ストップウォッチのスイッチ部は押すと、短時間にOFF-ON-OFFになるスイッチである。そのため、ジョイント用コネクタにセンサー等を取り付ければ、安価なタイム測定用装置が製作できる。

## 104【紙面の都合で内容を掲載できなかった実験項目（高野哲夫）】

### （水実験）

- 1 水が湧き出す蛇口
- 2 水を調節
- 3 ボトルの中の噴水
- 4 水の渦
- 5 水の中の渦輪
- 6 ふしぎな噴水 —ヘロンの噴水—
- 7 ボトルウェーブ
- 8 水ジャッキー
- 9 水があふれない底穴水槽
- 10 無重量中の気泡
- 11 浮力と重さ

### （力）

- 12 バネで平行四辺形の法則
- 13 釣り橋の強さ
- 14 バネとゴムの伸び
- 15 磁石を浮かせると重さはどうなるか
- 16 動く面で車を走らせる
- 17 風に向かっても進めるヨット
- 18 摩擦力
- 19 垂直抗力を量る
- 20 磁石を使った摩擦力
- 21 落下と摩擦力
- 22 綱登り
- 23 摩擦力マジック
- 24 車のブレーキ
- 25 重心を求める
- 26 エアーホッケー
- 27 エアージャッキー

### （運動）

- 28 ゴムで引っ張られる台車の動き
- 29 質量の違いによる加速度の違い
- 31 はかりの上での沈み込み
- 32 落下している物体のはかりの目盛り
- 33 位置エネルギーをみる
- 34 速度と動く距離
- 35 弓矢はどこまで飛ぶか
- 36 最も速くまで水を飛ばす角度

### （運動量）

- 37 台車はどちらに動くか

### （円・振動）

- 38 等速円運動の速度と力の方向
- 39 回転する半球面容器内のつりあい
- 40 自転車タイヤのジャイロスコープ
- 41 綿菓子製造機
- 42 回転コースター
- 43 衛星の楕円運動とニュートンの法則
- 44 回転リング
- 45 ガリガリプロペラ
- 46 どちらにも回る風車
- 47 単振り子の周期
- 48 バネ振り子の周期
- 49 磁石とバネを使った共振
- 50 高さと振動

### （波動）

- 51 円運動と単振動・波動の関係
  - 52 ゴム管の波
  - 53 弦の定常波
  - 54 自由端反射・固定端反射
  - 55 手作りウェーブマシーン
  - 56 縦波の定常波
  - 57 干渉説明尺
  - 58 モアレ図と波のモデル
  - 59 リング状の定常波
- ### （音波）
- 60 厚紙歯車楽器
  - 61 光ピックアップによる回転楽器
  - 62 エレキギター
  - 63 糸で動物の鳴き声
  - 64 金属棒を鳴らす
  - 65 気柱共鳴
  - 66 おどり炎
  - 67 開管と閉管
  - 68 連続的に音の高さを変える閉管笛
  - 69 開管の共鳴
  - 70 パイプ笛
  - 71 試験管笛
  - 72 ワイングラスを鳴らす
  - 73 音の干渉を波形でみる
  - 74 音叉の周りの干渉
  - 75 共鳴音叉
  - 76 うなりを音と波形でみる
  - 77 エコーマイク
  - 78 振り回して音の鳴るパイプ・鳴らないパイプ
  - 79 音を投げてドプラー効果
  - 80 音を合わせて消音
  - 81 音の定常波を発泡球で見る
  - 82 たたいて音階
  - 83 音の速さをみる
  - 84 温度と音の高さ
  - 85 自然の中から共鳴音を拾う
  - 86 音の干渉
  - 87 パイプで楽器

### （光波）

- 88 黒い炎
  - 89 反射の偏光
  - 90 生きた生首
  - 91 ガラスの薄膜
  - 92 釘スクリーン
  - 93 テレビを使った実験
  - 102 金属の電荷の分布
- ### （電流）
- 103 電位模型
  - 104 教室に張ったニクロム線
  - 105 細い線に電流を流す
  - 106 手作り電子楽器で抵抗をみる
  - 107 電気を流すガラス棒
  - 108 電気抵抗の温度変化

- 109 100V線のショート
- 110 電気パン
- 111 新しい電池・古い電池
- 112 雷と危険性
- 113 手回し発電機で電力の手ごたえ
- 114 手作り巻きコンデンサー
- 115 コンデンサーの充電放電
- 116 コンデンサーの電圧とエネルギー
- 117 等電位面をみる  
(電磁誘導)
- 118 録音テープから磁性体を取り出す
- 119 リニアモーターから回転モーターへ
- 120 付磁・消磁
- 121 磁石で動くコイル
- 122 電流の周りの磁界
- 123 浮き上がるコイル・浮き上がる鉄芯
- 124 なんでもスピーカー
- 125 磁石とコイルで発電
- 126 コイルで音声電流をひろう
- 127 太陽電池でコイルの音声電流を拾う
- 128 電気ハンド
- 129 テレビを使った人工雷
- 130 磁石についてくる一円玉
- 131 磁石でアルミ板を回す
- 132 動くアルミと動かないアルミ
- 133 コイルの直流と交流のちがい
- 134 コンデンサーとコイルで音のコントロール
- 135 周波数のちがいによるコンデンサーとコイルを流れる電流
- 136 自己誘導による電流の遅れ
- 137 共振電気振り子
- 138 コイルで電気を取り出す
- 139 モーターコイルでアルミ缶回し
- 140 高電圧・大電流
- 141 浮き上がるリングートムソンリングー
- 142 変圧器と送電
- 143 コイルとアルミ板でアルミ缶回し
- 144 交流電源を使った電気共振
- 145 周波数を変えた電気共振
- 146 光による通信  
(電波電子)
- 147 光電効果
- 148 リモコンを聞く
- 149 電子レンジで電波あそび
- 150 ゼネコン電波

1998, 3

編 集 物理教育専門委員会

委員長 加藤 憲夫

委 員 朝野 敏彦 岩崎 剛大

木下 正博 杉木 優子

吉田 学 竹内 元人

杉下 暁光 丹保 亮

