

研究題目 黒 板 実 験
(高校物理)

研 究 者 大阪府立千里高等学校 教諭 平 岡 卓 英

目 的

物理の授業に興味と意欲をもたせ、内容をよく理解させるには実験を多くとり入れることである。ところが生徒実験は器具の不足、カリキュラムの進捗の問題、実験場所、教師の負担荷重、などから限られてくる。教師実験にしても大きな器具は教室まで運べないし、実験室では講義がやりにくい。そこで、手軽に教室で講義と実験が同時にすすめられるように黒板面上での実験を考えてみた。

垂直な黒板を用いるので実験できるものも限られてくるが、実験器具にも改良を加え、現在、数種類の実験が可能である。

概 要

方法は、鉄粉入り黒板に小型で強力な永久磁石を附着させ、その磁石に物体をつりさげたり、ネジで止めて黒板面上で実験を行なう。

○黒板実験用附着磁石

附着磁石としては、電話リレー用のコの字型磁石（図1，a）を用いた。これは小型で3mmのネ

ジ穴が方々に切ってあるので、実験器具の取りつけに便利である。

強度を磁束計と図2の方法で静止荷重を測ると表1のようになった。

ほとんどの磁石が0.04wb/m²以上あり、充分実験に耐えられる。さらに大きい附着力を要する場合は（図1，b）のように4個組合せると、500gw以上のものまで吊すことができる。

磁石の老化については、約1ヵ年使用してみて磁気回路を作っておくと弱まり方は小さい。また、強度を増すときは、高校理振にある着磁装置（島津、電磁石WH-33形）で2.5Aの電流を流すと0.05wb/m²程度には直ちに磁化させることができる。

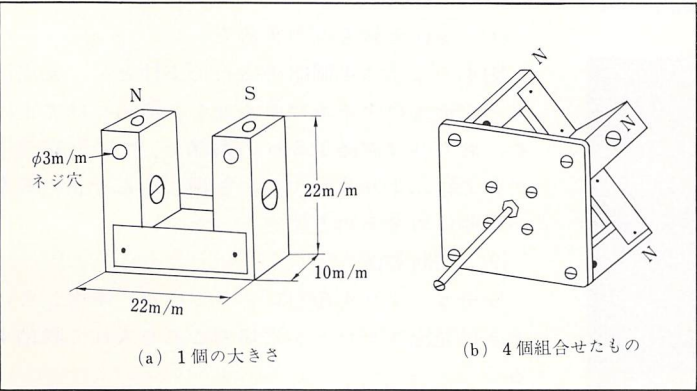


図1 黒板実験用附着磁石

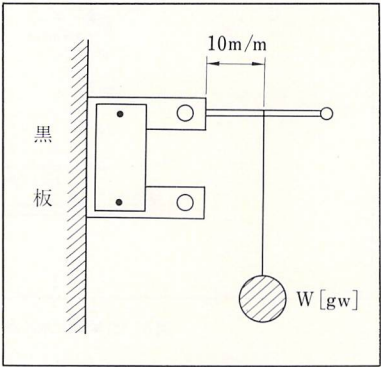


図2 静止荷重

表1 磁石の強さ

磁極の磁束密度 (wb/m ²)	静 止 荷 重 (gw)
0.050	300
0.046	200
0.040	150
0.026	30

学習指導法ならびに教具の製作

1. 力学的エネルギー保存の法則の実験

図3のように黒板に磁石付支柱をとりつけ、おもりに糸をつけて水平まで持ち上げてはなす。鉛直下方にきたとき糸を切断して、おもりを飛ばし、あらかじめ推定した場所においてある空かんの中に入るかどうか調べる。(写真1)

$$mgH = mgh + \frac{1}{2}mv^2 \cdots \textcircled{1}$$
$$h = \frac{1}{2}gt^2 \cdots \textcircled{2}$$
$$x = v \cdot t \cdots \textcircled{3}$$

より $x = 2\sqrt{h(H-h)}$

測定結果は表2、表3のとおりである。
このことより力学的エネルギーが保存されることが理解できる。

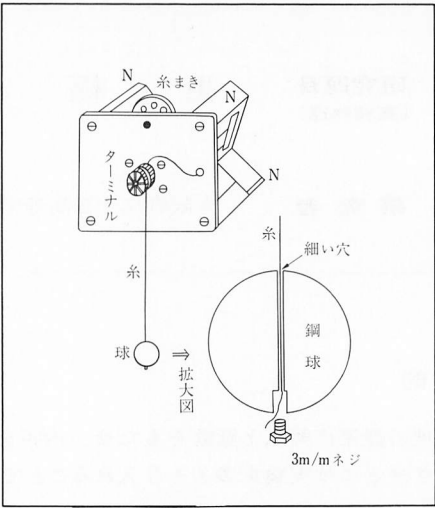


図4 磁石付支柱

表2 水平到達距離

H=80cm

切断の高さ h [cm]	水平飛距離 x [cm]	
	計算値	実測値
10	52.9	55
20	69.2	70
30	77.4	75
40	80.0	80
50	77.4	75
60	69.2	70
70	52.9	52

表3 ふれの角 θ で切断したとき
H=80cm $h=40$ cm

傾き角 θ°	支点の真下より水平距離 x	
	計算値	実測値
30°	125 cm	120cm
45°	110.4	105
60°	88.1	85

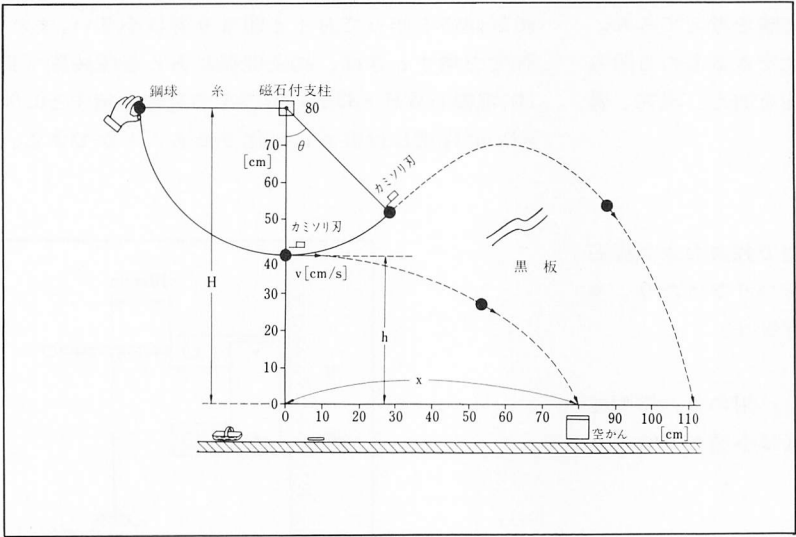


図3 力学的エネルギー保存の法則の実験

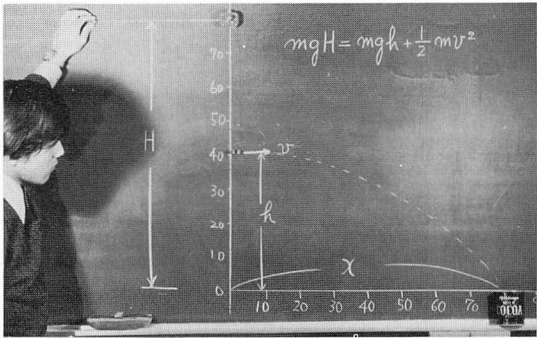


写真1

(1) 支柱とおもりの止め方

図4のように4個組の磁石で支柱とし、支点はターミナルに穴をあけ糸を通し、締めつけて止める。おもりは直径1.5cmの鋼球で、フックをつけて糸で結ぶより3mmのネジを押し込んで止める方がはやいのでその方法をとった。

(2) 切断方法

安全カミソリを磁石にとりつけた。使用しないときは発泡スチロールに切りこみを入れて収納する。

2. 球の水平投射（放物運動）

1つの球Bを水平な台の上におき、もう一方の球Aを斜面をころがして直衝突させる。

完全弾性衝突であると、衝突前後において速度の交換が行なわれるのでA球は自然落下し、B球は水平に飛びだす。（図5，写真2）

- (1) 同じ高さの位置に検知器をおくと、同じ時間では、落下距離が等しいことを豆電球の点灯で確かめることができる。
- (2) 球Bをとりのぞき、球Aを水平に飛び出させる。更紙、カーボン紙をおいたアルミ台の位置をいろいろかえて、落下点に印をつけてゆくと黑板上に放物運動を記録できる。

発射台……電磁石で落下球の高さを一定にし、衝突後黑板から一定の距離を保って落下するように調整する。（図6）

検知器……マイクロスイッチ、S.C.R.、豆電球、乾電池（単三）を用いて、球があたると点灯するように作った。（図7）

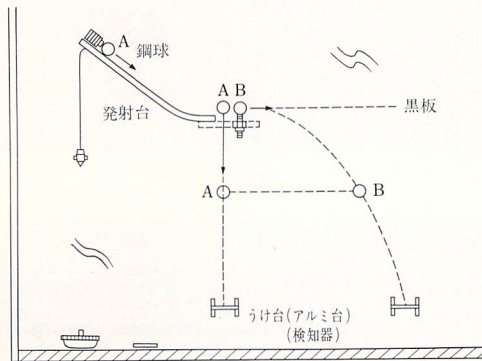


図5 球の水平投射

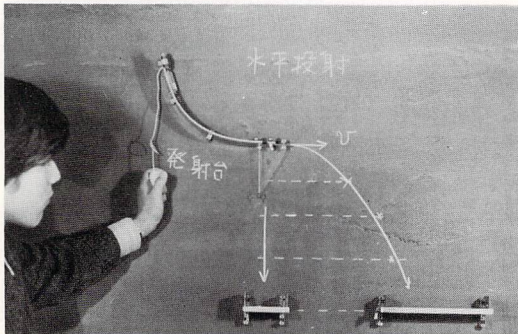


写真2

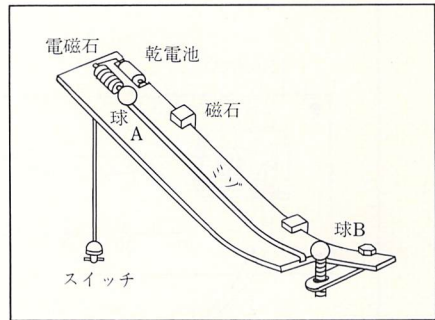


図6 発射台

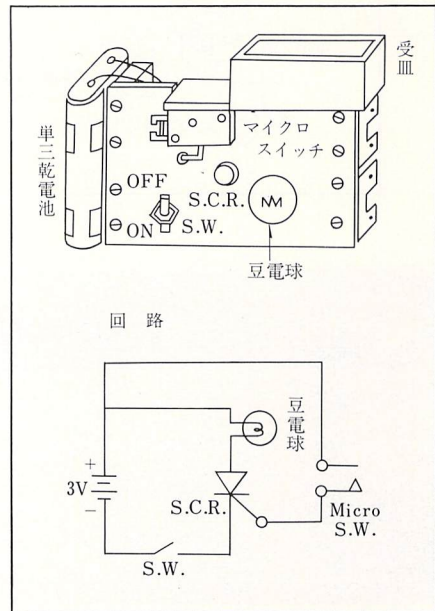


図7 検知器

3. 弦の振動

黑板面上に電磁音叉（振動数 $\nu=60\text{Hz}$ ）で弦の振動を作り、 $\nu = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\rho}}$ (T : 張力、 ρ : 線密度、 L : 糸の長さ、 n : 腹の数) の関係が成立するとき、定常波ができることを調べる。（図8）

- (1) 張力 T を一定にして定常波を作り、糸の長さ L を2倍、3倍にすると、腹の数 n も2、3と増す ($n \propto L$) (写真3・4)
- (2) 糸の長さ L を一定にして定常波を作り、張力 T を4倍にすると腹の数 n は半分になる。
($n \propto \frac{1}{\sqrt{T}}$) (写真4・5)
- (3) 糸にたて振動を加えると、横振動の定常波にくらべて腹の数が半分になる。(写真4・6)
- (4) 線密度 ρ のちがう糸を同時に振動させて、同じ腹の数の定常波を作ると、 ρ の小さい方が節と節の距離が長い。($L \propto \frac{1}{\sqrt{\rho}}$)

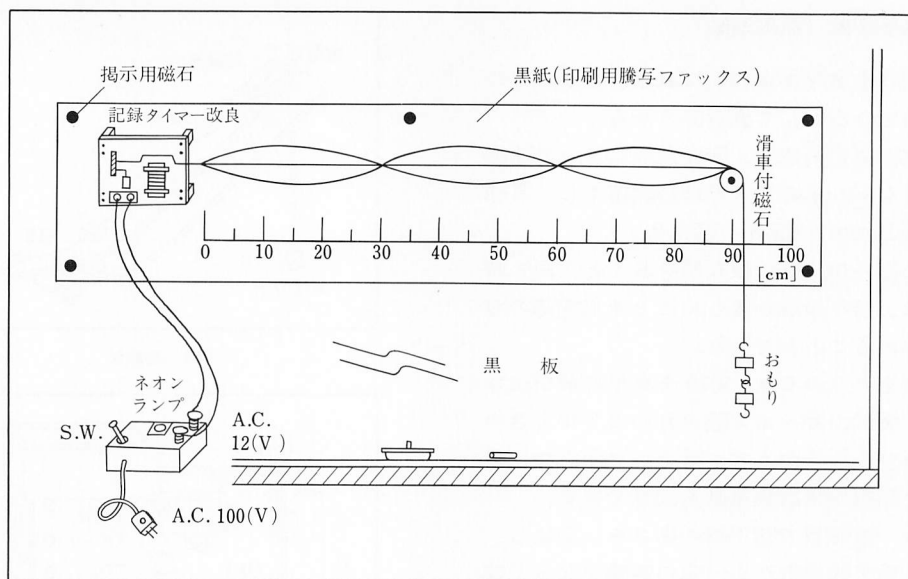


図8 弦の振動実験装置

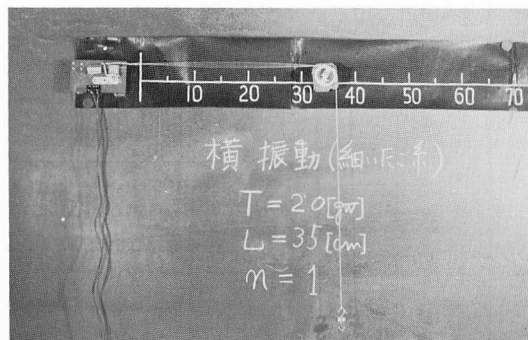


写真3

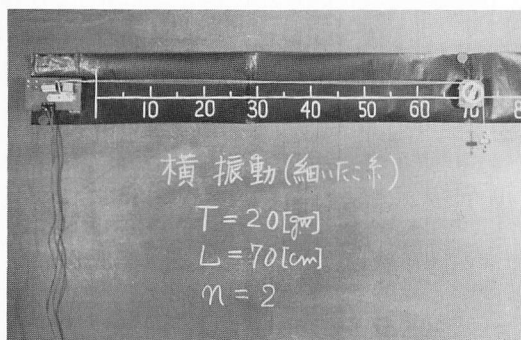


写真4

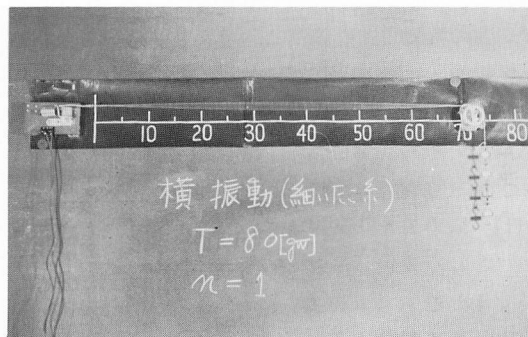


写真5

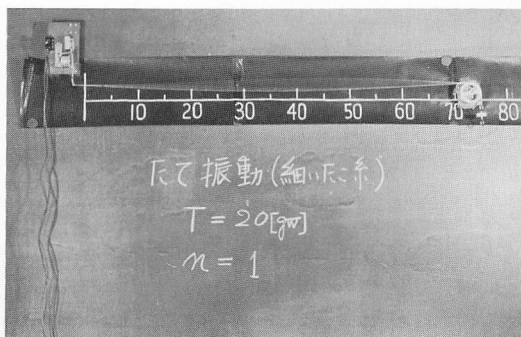


写真6

電磁音叉……半波整流の交流記録タイマー用電磁石を横向きに取り付けた。A.C.12[V]なので小型トランスで電圧をさげて使用する。

〔注〕写真7～12は84頁に掲載

4. その他の実験

(1) 力のつりあい

バネによる作用、反作用・質点にはたらく2力、3力のつりあい・力のモーメントのつりあいなどの関係を演示実験できる。

(2) フックの法則

バネを吊り上げて、荷重 F と伸び x より、バネ定数 k を求めることができる。

(3) てこ、滑車、輪軸の実験

(4) まさつ係数の測定

アルミ台を黒板に附着させ、物体をのせてアルミ台を傾けてゆき、すべり始めるときの角度 θ を測ると $\mu = \tan \theta$ より求められる。

(5) 単振り子（バネ振り子）の周期

質量と周期、長さと周期、振幅と周期、バネ定数と周期の関係が実験で確かめられる。

(6) 電気振り子による静電気の実験

このほか、モンキーハンター、アトウッドの装置などいろいろな実験に利用できる。

効 果

1. 軽くて小型にできるため実験ごとに器具を1つの箱に入れて持ち運べるので教室で実験できる。
2. 黒板面で実験できるため全体の生徒が一斉に観察できる。実験は生徒の中から2～3人交替でやればほかの生徒も注目しており、意欲的に参加し、興味を示す。
3. 授業の説明と平行して実験できるので、思考、実験、検証ができ、理解もしやすく考える力も養える。

4. 広範囲の実験、支柱、支持台として、手軽に使える。（中学、高校各分野）

その他補遺事項

1. この実験では精度の厳密さよりも、内容理解に重点をおくほうがよい。
2. 使用にあたっては、吊り上げておいて落下すると危険なので充分余裕をもたせることが必要である。
3. 使用しないときは裏側に鉄片をくっつけておくか、N-Sとなるように磁気回路をつくっておくことが大切である。
4. 記載の磁石はある器具の一部品を利用したものであるが、強度と工作に便利であればどんな磁石でもよい。

この実験器具の製作の糸口は仮説実験授業のような方法ができないものかと考えていたとき、電気屋で小型磁石を見付けたことから始まる。現在までおもに力学に取組んできたが、今後、いろいろな実験への利用を検討してゆきたい。

最後に、この研究についてご指導、ご助言をいただいた本校の越水清三先生、沢登啓先生に深く感謝いたします。

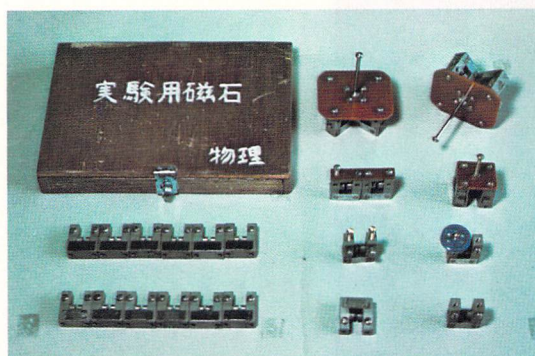


写真7. 附着磁石



写真8. 静止荷重

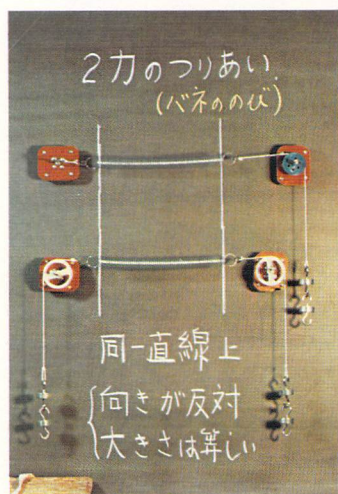


写真9. 2力のつりあい

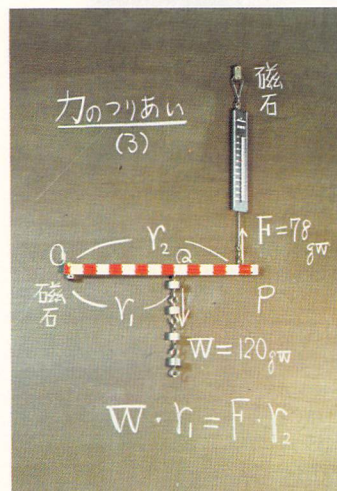


写真10. 力のモーメント

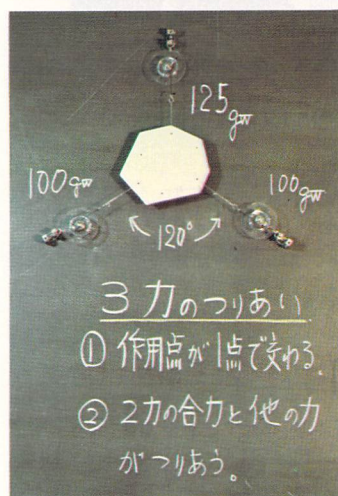


写真11. 3力のつりあい

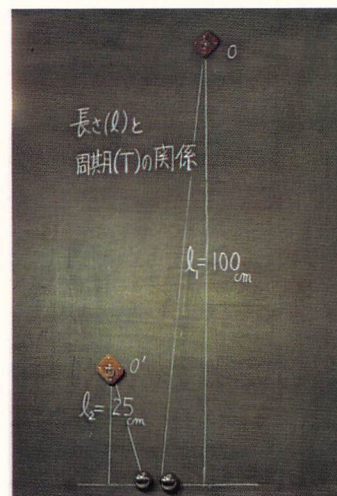


写真12. 単振り子の周期
長さ 4 : 1
周期 2 : 1