

物理における実験装置の研究と試作

水 越 醸

要 旨

生徒の科学的能力、態度を育成し、特に創造性を培うために、また、理解を助けるために、実験方法の工夫、教具の工夫改良、新しい装置の開発が必要である。それは、絶えず直接生徒を指導している教師が痛切に感ずるものである。ここに、主として力学を中心にした装置、教具について、自作したものを紹介する。尚、今後、改良、工夫して性能を向上させると共に更に種々な面における研究と試作を進めていきたい。

1. 加速度と慣性力の実験装置

一定条件で交流を入れた、磁気テープの一端に、おもり、他端に抵抗変化体（ゴム膜に炭素粉を付着）を

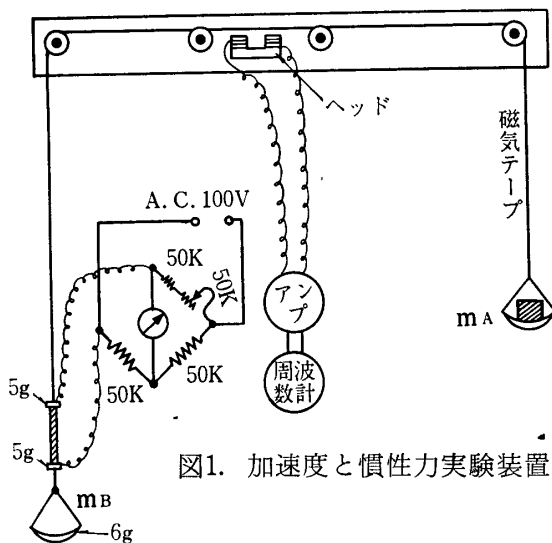


図1. 加速度と慣性力実験装置

2. 運動中の張力が同じことを示す実験

滑車に抵抗変化体をつるし、運動中の変化を、抵抗計に入れ電圧変化を読む。このとき両者の電圧が等しいことから張力が同じことを知る。また、この張力の大きさも知る。

3. 単振動の波形

抵抗変化体におもりを吊し、振動させたときの抵抗

つけて、図1の如くにして運動させる。このときの速度を再生ヘッド、増幅器を通し、周波数計で読む。たとえば、2400%となれば、60%のとき9.5cm/sだから、380cm/sの速さということになる。経過時間を測れば α が出る。これと、 $\alpha = \frac{m_A - m_B}{m_A + m_B} g$ から出るものと比較する。慣性力をみるには、抵抗変化体を抵抗計につなぎ電圧変化として読む。たとえば、1.6Vだったとすると、抵抗変化体に加わる張力は13g wで、皿の質量11gをとり2g wが慣性によるものとなる。（張力と電圧の関係は求めておく。）また、 $m_A 92g$ 、 $m_B 16g$ であるとき、2.2Vで18.5gの重さとなる。 $\alpha = \frac{m_A - m_B}{m_A + m_B} g$ より計算すると、 $\alpha = 0.7g$ だから慣性力は $F = m\alpha$ より7.7g wとなり m_B と合計すると18.7g wとなり、ほぼ一致する。（慣性力は m_B の11gについて）

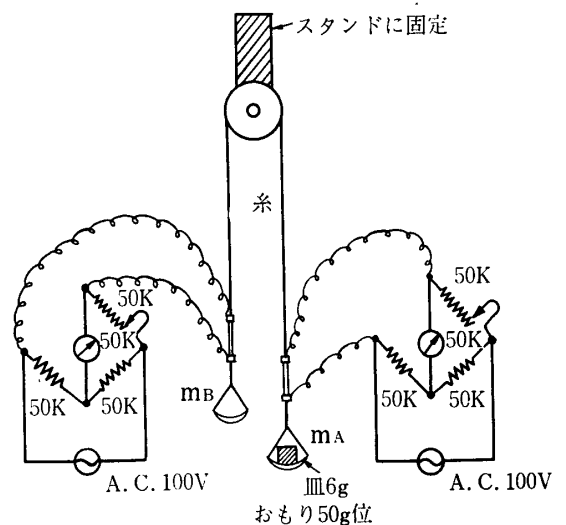


図2. 運動中の張力が同じことを示す装置

変化を抵抗計に入れ電圧変化とし、これをシンクロスコープで観察する。

4. 自由落下物体中の重さ

プラスチック容器に抵抗変化体を吊し、これにおもりをつけて自由落下させたときの抵抗を電圧変化として読む。このとき前もって抵抗計のボリュームを調節して重さ0のときは電圧計の読みが0になるようにしておく。

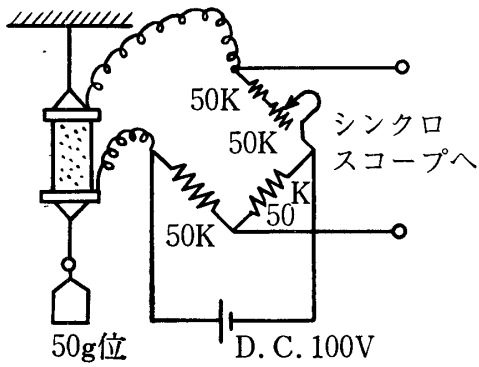


図3. 単振動の波形をみる方法

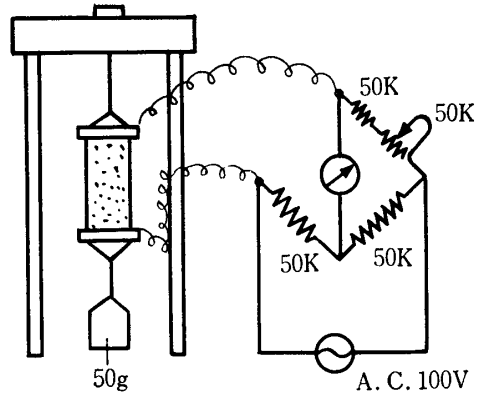


図4. 自由落下に重さがないことを示す方法

5. アトウッド装置の放電記録法

アルミ板上に習字紙をセロテープで密着する。これをアトウッド装置の後に垂直に立てる。図の如く、おもりとアルミパネル間に交流5千~6千V位加える。このときおもりと、パネルは近接させるとよい。たとえば、おもりが40cm移動した後のvを放電間隔から測り、これと理論値と比較した。理論値は $\alpha = \frac{m_A - m_B}{m_A + m_B} g$ と移動距離から計算した。尚、滑車の半径2.0cm, 質量5.6gだから、慣性能率 $I = \frac{1}{2}mr^2$ より $I = \frac{1}{2}I_0$ より $I = 11.2$, 従って回転エネルギーを $E = \frac{1}{2}I\omega^2$ より出しvを補正する。

測定例 $m_A = 51.8g$ $m_B = 32.6g$ $\alpha = 223cm/s^2$

$v = 113cm/s$ 測定値 111cm/s

6. 振子のエネルギー保存を調べる放電記録法

振子の位置エネルギー mgh が、最下点で運動エネルギー $\frac{1}{2}mv^2$ となる。 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ より、 $v = \sqrt{2gh}$ この式より求まる理論値と、放電点からvを出して比べた。

測定例	理論値	$h = 5cm$	$v = 99cm/s$
	実測値		$v = 99cm/s$
	理論値	$h = 10cm$	$v = 140cm/s$
	実測値		$v = 140cm/s$

7. ばねの位置エネルギーの保存と単振動の放電記録法

この方法も、5, 6のときと同じ要領で実験できる。用紙はどの場合も同じだが多孔質のものでないとうまくできない。ばねのkは、 $mg = kx$ より $k = \frac{mg}{x}$... ①, ばねをxだけ伸すと $E = \frac{1}{2}kx^2$... ② の位置エネルギーが貯えられる。これが初めの静止点を通ると $\frac{1}{2}mv^2$... ③となる。①②③より $v = \sqrt{\frac{g}{x}}x$ である。この式より求まる理論値と放電点から求まる実験値とを比べる。また、放電記録点を横軸に時間をとり、グラフ上に展開すると単振動の正弦波ができる。

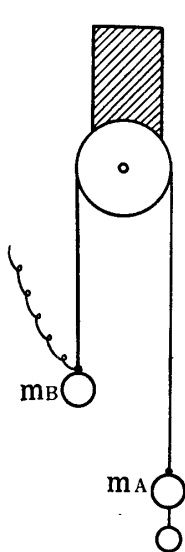


図5. アトウッド装置での速度測定

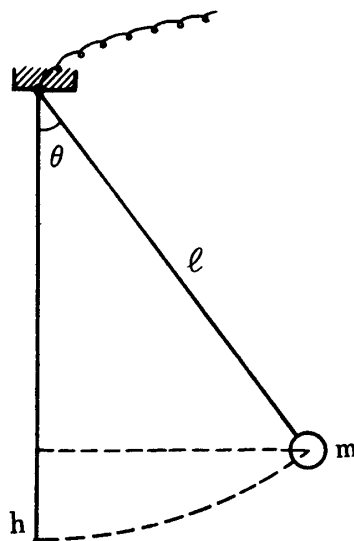


図6. 振子のエネルギー保存則実験法

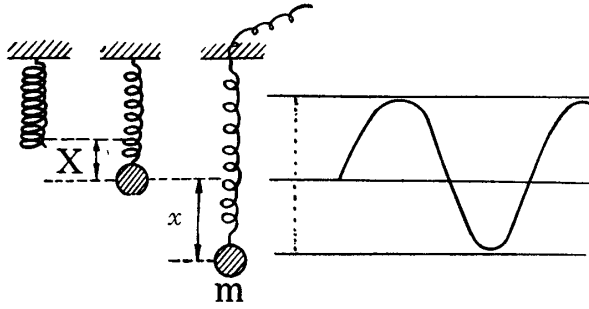


図7. ばねの位置エネルギーと単振動

測定例	$X=6.05$	$x=5\text{cm}$	理論値	$v=62\text{cm/s}$
実測				$v=61\text{cm/s}$
	$X=6.05$	$x=10\text{cm}$	''	$v=124\text{cm/s}$
''				$v=120\text{cm/s}$
	$X=13.5$	$x=5\text{cm}$	''	$v=43\text{cm/s}$
''				$v=42\text{cm/s}$
	$X=13.5$	$x=10\text{cm}$	''	$v=85\text{cm/s}$
''				$v=84\text{cm/s}$

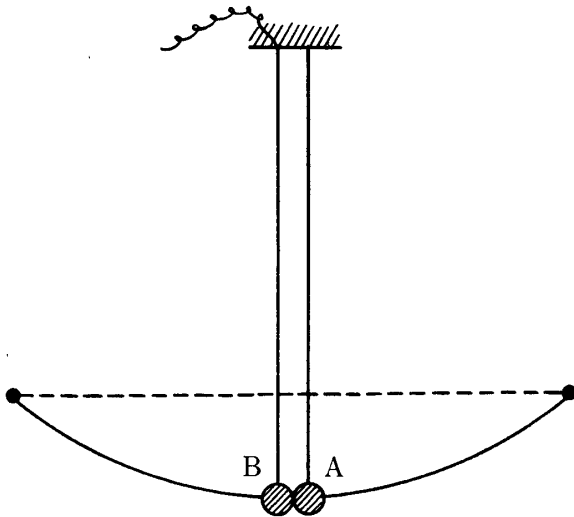


図8. 振子の衝突による運動量の実験

8. 振子の衝突による運動量の変化の放電記録

同じ鋼球を使用して、Bを静止させておき、Aを一定の高さから衝突させて同じ高さになることを確かめる。

9. 斜面上をころがる物体の放電記録

この方法などのように鋼球が単独に運動する場合には、もう一枚のアルミパネルを平行して立てる。尚2板のパネルの間はプラスチック体を入れて絶縁し、固定する。

高さ、 15cm 、 26cm からころがり落したときのエネルギーを理論値と比較した。しかし、全エネルギーは $E_1 = \frac{1}{2}mv^2$ と回転エネルギー $E = \frac{1}{2}mr^2\omega^2$ である。これに使った、球の質量 $m=16.7\text{g}$ 、半径 $r=0.8\text{cm}$ である。

測定例 高さ 15cm 、 $v=146\text{cm/s}$ 、 $\omega=182$

$$E_1 = 1.8 \times 10^5 \text{ エルグ}$$

$$E_2 = 0.7 \times 10^5 \text{ エルグ}$$

$$\text{全エネルギー} \quad 2.5 \times 10^5$$

$$\text{理論値} \quad 2.5 \times 10^5 \text{ エルグ}$$

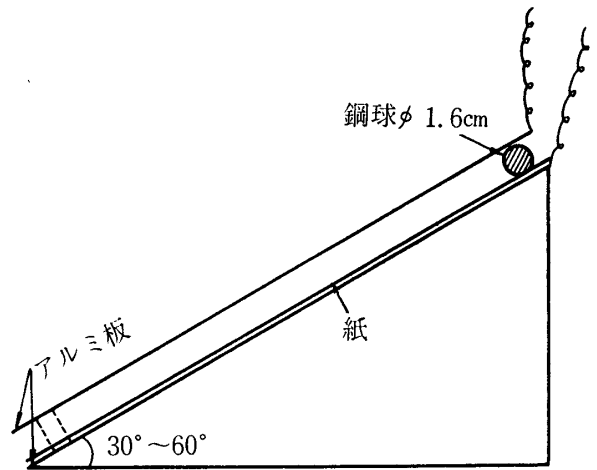


図9. 斜面上をころがる鋼球によるエネルギー保存則実験法

10. 反発運動の放電記録

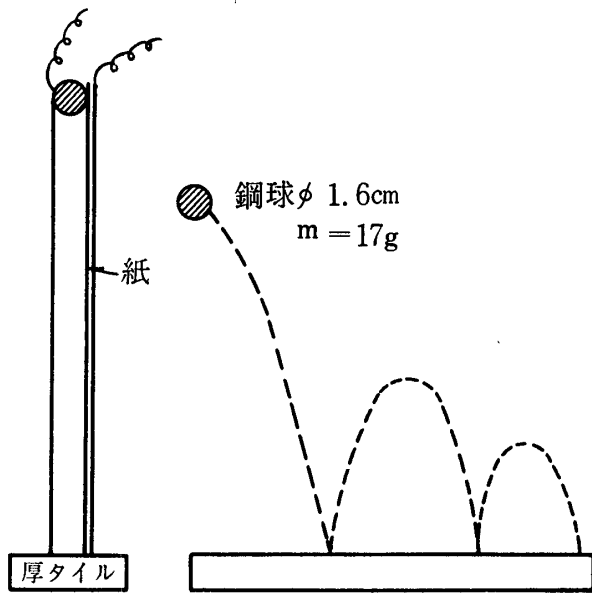


図10. 反撥実験法

アルミパネルの設置法は、9と同じである。鋼球をプラスチック管に入れ板の間に落下させて、運動のようすと、反撥係数 e を求める。この実験では厚タイルを使ったので、少し凹凸があったので不規則になったことがあった。

測定例 $e = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$ より $e = 0.61 \quad 0.63 \quad 0.63$

11. 自然落下の放電記録

アルミパネルの設置法は10と同じである。鋼球を自然落下させ g を計算する。

関係式は $h_1 = v_0 t_1 + \frac{1}{2} g t_1^2 \dots \dots \textcircled{1}$

$h_2 = v_0 t_2 + \frac{1}{2} g t_2^2 \dots \dots \textcircled{2}$

$\textcircled{1}\textcircled{2}$ より $g = \frac{2(h_1 t_2 - h_2 t_1)}{t_1^2 t_2 - t_2^2 t_1}$

放電記録より、放電点は $\frac{1}{120}$ 秒であるから、これより t_1, t_2 を出し h_1, h_2 の距離を測り g を計算する。

測定例 $9.8 \quad 9.8 \quad 9.8 \quad 9.8 \quad 9.8 \quad 9.6 \quad 9.8 \quad 9.8$
 $9.7 \quad 9.9$

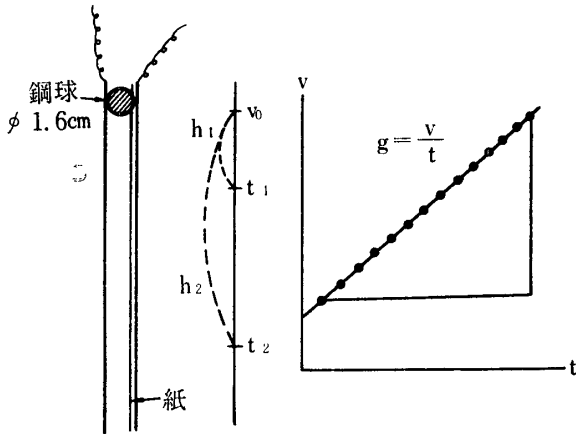


図11. 自然落下による加速度測定法

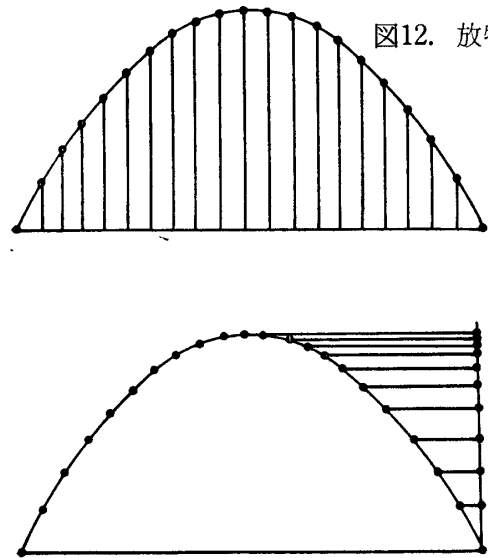
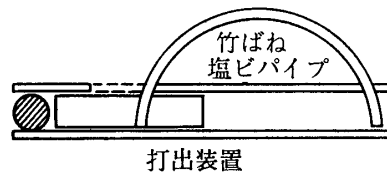


図12. 放物運動

12. 放物運動の放電記録

アルミパネルの設置法は10と同じである。ただ、鋼球打出道具を簡単ではあるが自作した。放電記録された、放物線の図について、水平、垂直方向の運動の分析をするために、各放電点から平行線を引く処理をする。



この実験の場合のみ直流 約 400V (B電源) を用いなければならない。球面を離れるときの角 $\cos \theta = \frac{2}{3}$ で、このときの落下垂直距離に $h = \frac{1}{3} r$ である。球上を接して滑る距離は $2 \times 3.14 \times 12.3 \times \frac{48}{360} = 10.3 \text{cm}$ となる。この数値と実際に紙上に記録された長さを比較した。

測定例 10cm (理論値10.3cm)

13. 球面上を滑りおちる物体の記録

球面上をすべり落ちる物体が球面を離れる点を測定する。球面はバンデグラーフ起電機の半球部を利用した。この上に、トーシャファックス紙を付着させる。

この時、ビニル紙のみはがして使用する。従って、

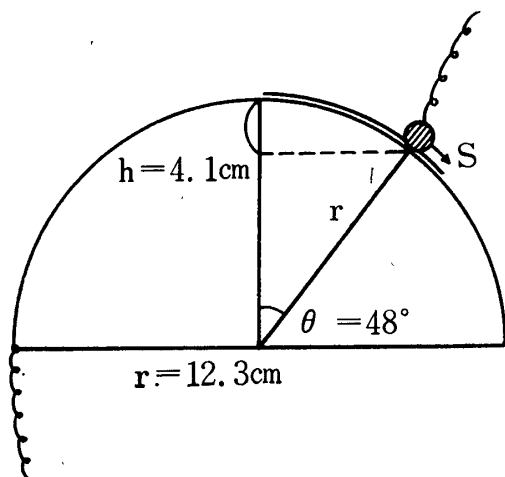


図13. 球面上をすべりおちる物体が離れる点の測定

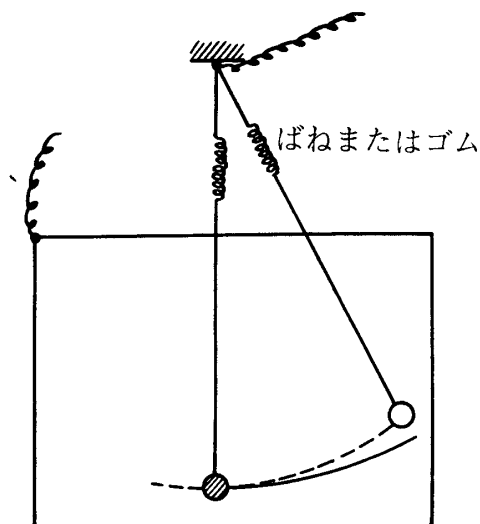


図14. 張力と遠心力について

14. 速心力測定のための放電記録

アルミパネルの設置法は6, 振子のエネルギー保存の場合と似ている。振子の糸の途中にゴムひも、または、ばねを入れる。この振子を或高さから落下させて、最下点通過の速さを放電記録から求めて遠心力を計算し、そのときの弾性体の伸びから求める力と比較する。

15. パスカルの原理を調べる装置

フィルムケースに、 cds を付着させた薄いゴム膜を張る。このケースの下部に豆球を点灯させておく。このケースを液体中に入れると液体圧力により、 cds が位置を変えるから、照度が変わり、抵抗がことなってくる。これをテスターなどで測定することによって流体中の圧力について種々知ることができる。

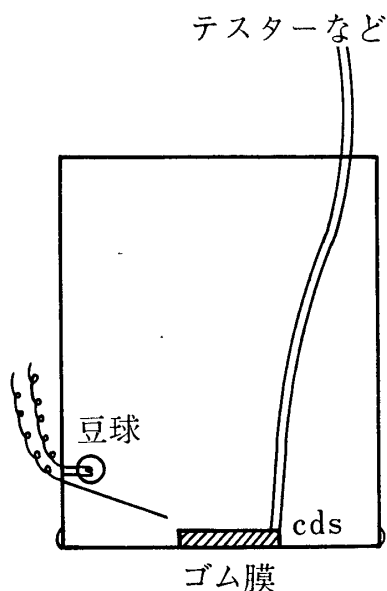


図15. パスカルの原理を調べる方法

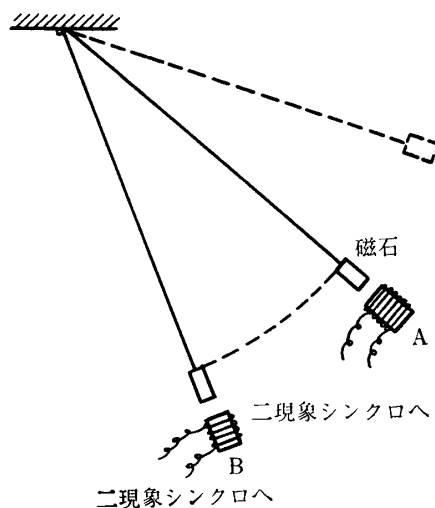


図16. 電磁誘導について
磁石の振れ始め、磁石の強さ、
コイルをかえてする

16. 電磁誘導の性質を調べる方法

振子のおもりを磁石とし、これを振らせることで、固定されたコイルに誘導起電力を発生させる。このとき、磁石の強さを変えたり、コイルの巻数を変えたり、また振子の振らせる角度を色々にして、誘導起電力の強さのようすを調べる。手で磁石を持って行うよりは定量的な実験となる。

17. 熱膨張簡易測定法

パイプ状ヒーターか、電気びてヒーターを用いて、金属棒を熱して、この伸びをダイヤルゲージを使い測定する。尚、温度は高温のとき熱電対を使う。

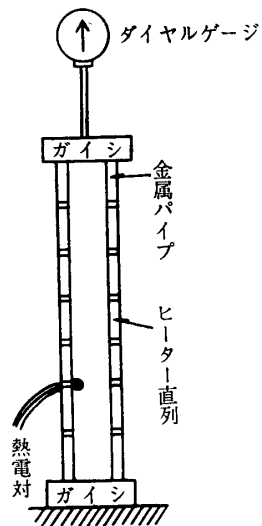


図17. 熱膨張について

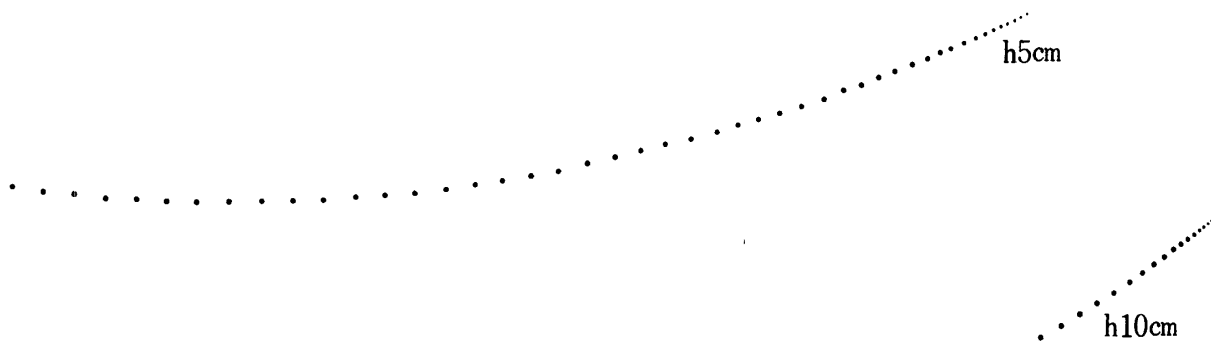


図18. 単振子の動き

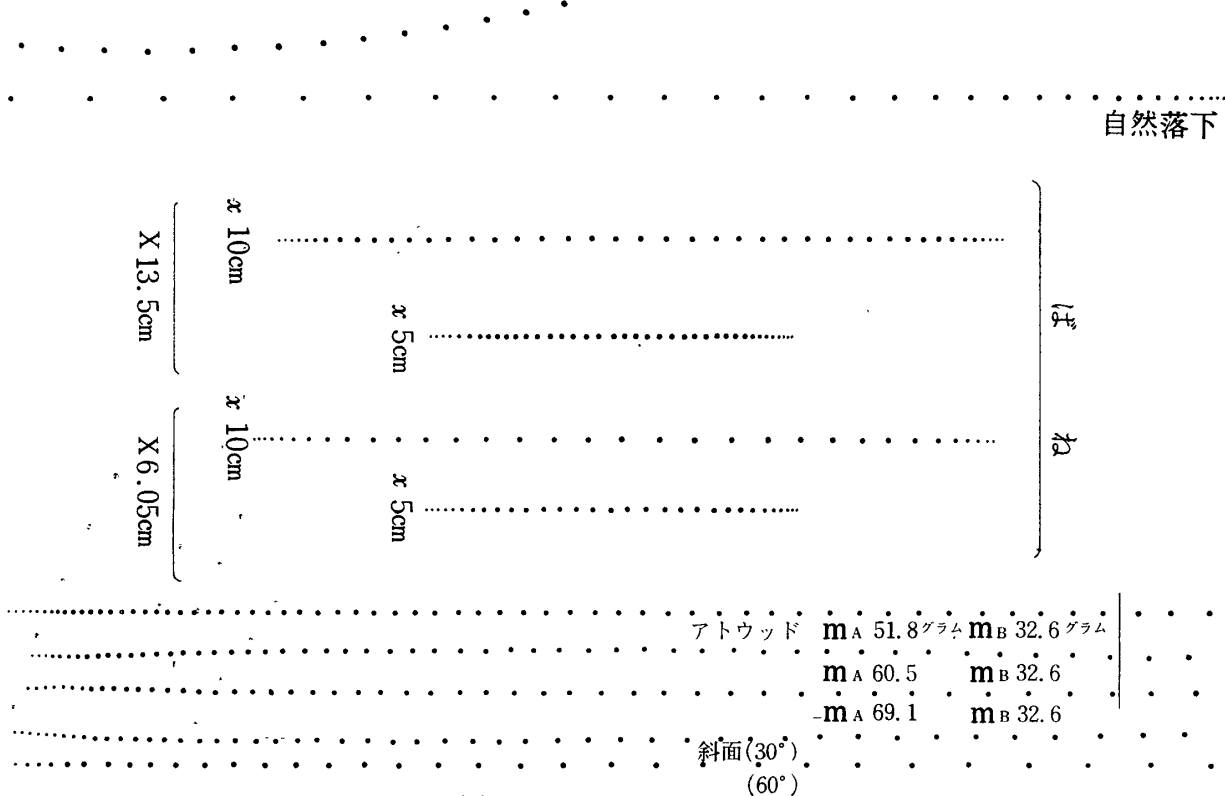


図19.

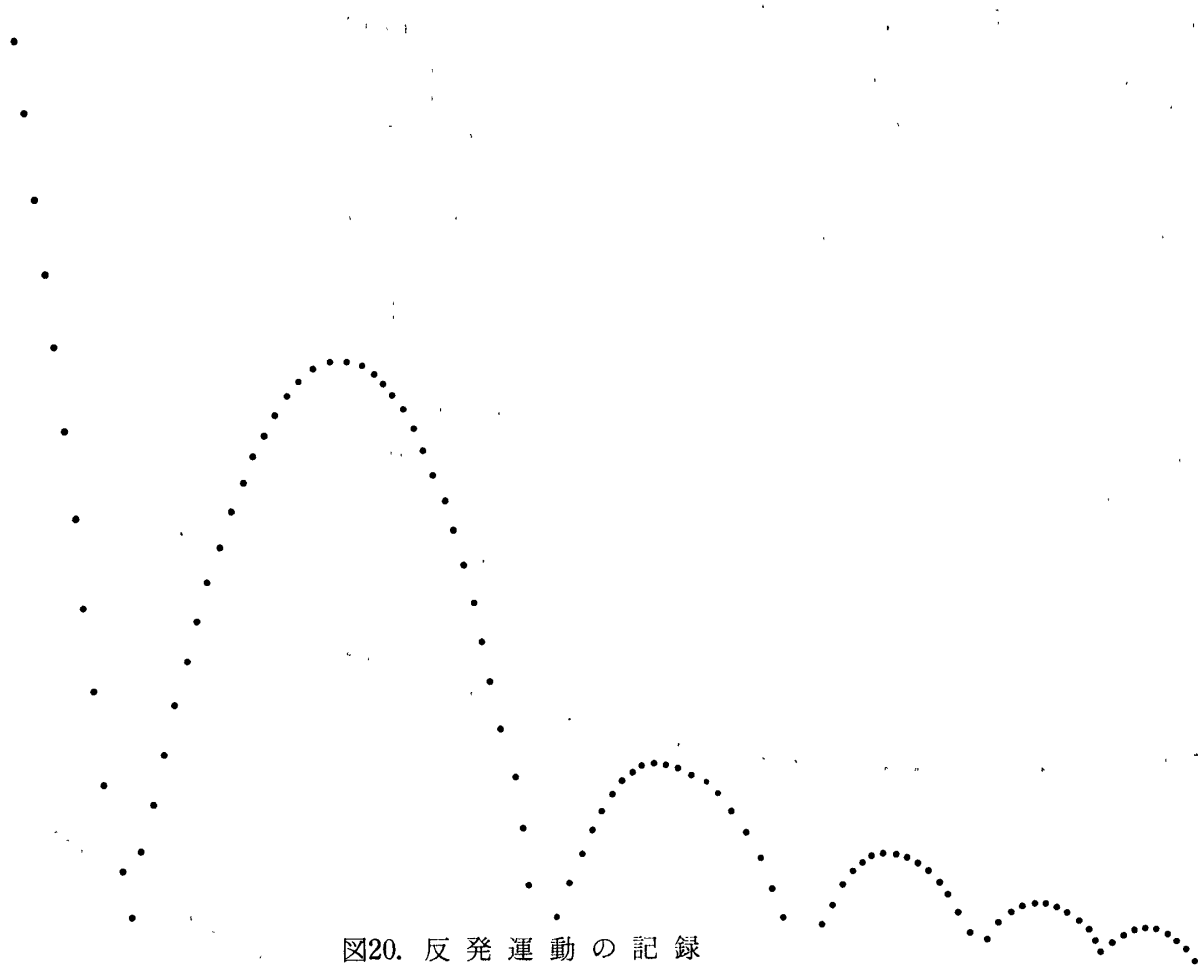


図20. 反発運動の記録

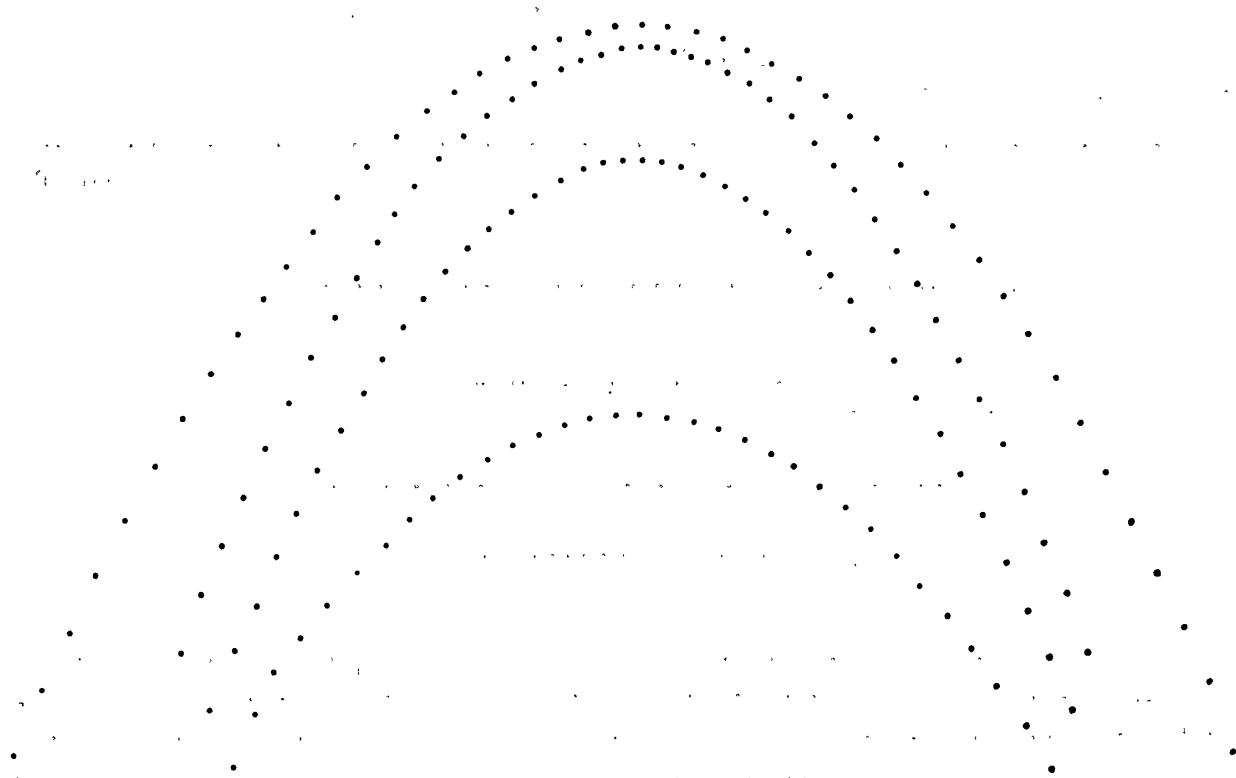


図21. 放物運動の記録