

3 (3) 力学的エネルギー保存の法則

〔ねらい〕 単振り子の運動において力学的エネルギーが保存されているか調べる。

〔原理〕 (1) 図1において質量  $m$  のおもりが  
高さ  $h$  だけ落下する間に、速さが0  
から  $v$  になったとすれば、減少した  
位置エネルギー  $U_p$  が運動エネルギー  
 $U_k$  となり、

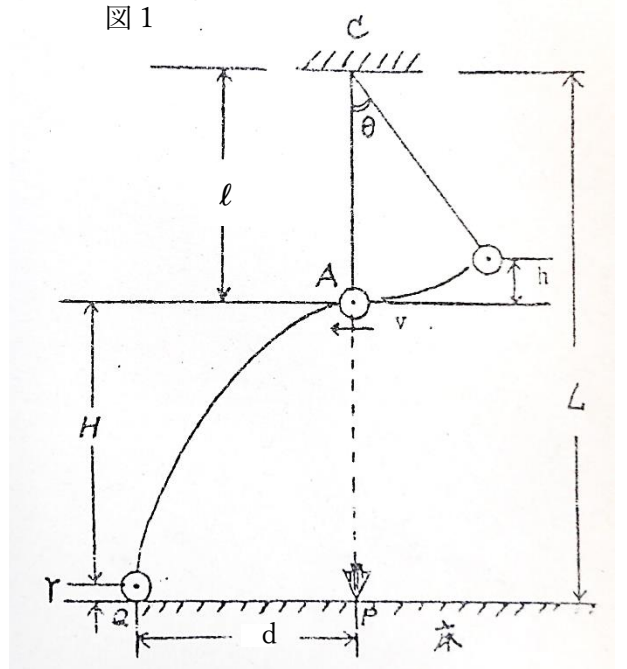
$$U_p = mgh, \quad U_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad \text{である。}$$

(2) 点Aで水平方向に初速  $v$  で投げ出さ  
れたおもりが、時間  $t$  の間に高さ  $H$  だ  
け落下し、 $d$  だけ前方に飛んだとすると、

$$d = vt, \quad H = \frac{1}{2}gt^2 \quad \text{となる。}$$

(3) 力学的エネルギー保存の法則が成り立  
つとすれば、 $U_p = U_k$  であるから、

$$\frac{U_p}{U_k} = \frac{mgh}{\frac{1}{2}mv^2} = \frac{mgh}{\frac{1}{2}m \frac{gd^2}{2H}} = \frac{4Hh}{d^2} = 1 \quad \text{となる。}$$



〔準備〕 (1) 実験板, スタンド (2台), 下げふり, おもり, 絹糸, ニクロム線, わら半紙, カーボン紙, 画鋏, 巻尺, 導線

(2) 〔交流電源の場合〕 単巻き可変変圧器, 交流電流計, 交流用導線付き中間スイッチ  
〔直流電源の場合〕 すべり抵抗器, 直流電流計, 直流用導線付き中間スイッチ

〔方法〕 (1) 実験板を2台のスタンドで支え、板の面が鉛直面に安定するように、スタンドの自在ば  
さみでおおよその調整をする。また、ニクロム線で作った糸切り用ヒーターも、実験板の支  
点Cの下方に来るようにスタンドに取り付ける。

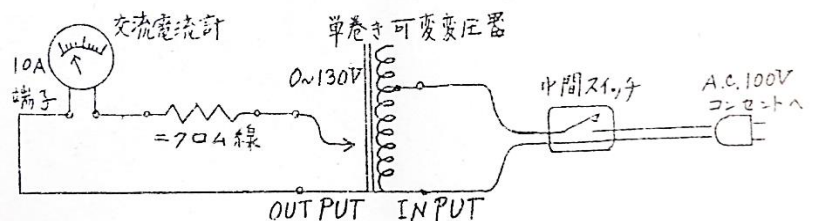
(2) 支点Cの位置とおもりの運動する空間を見とおして、床に敷き板を置く。この板には、記  
録用のわら半紙を並べて画鋏で留め、その上にカーボン紙を置き、図1のP、Qが記録され  
るようにする。

(3) 電源の種類 (交流または直流) により、図2、図3のような回路を作ってニクロム線に流  
れる電流がほぼ 2.5A になるように調整する。(中間スイッチは OFF にして導線をつなぐ。  
回路の結線が済んだことを確かめてから、最後にコンセントにコードを差し込む。)

〔交流電源の場合〕

単巻き可変変圧器の  
つまみを左回りに一杯  
回して、出力の電圧が  
ゼロになるようにし、

図2



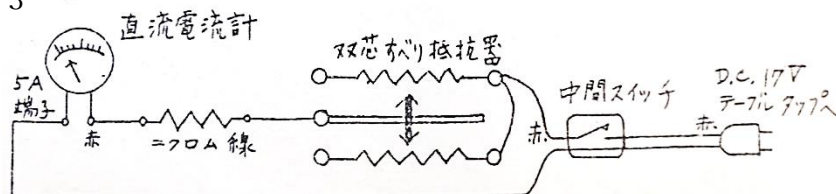
交流電流計の針を見ながら、中間スイッチをONにする。(電流はほとんど流れない筈であるが、もし、電流計の針が振り切れるとき、その他異常があるときは、すぐにスイッチをOFFにして結線を点検する。)

次に、電流計の針を見ながら変圧器のつまみを静かに右回りに回して流れる電流がほぼ2.5Aになるようにし、絹糸をあててすぐに切れるかどうか試みてから、中間スイッチを一旦OFFにする。

〔直流電源の場合〕

すべり抵抗器の摺動子をほぼ中央に置き、直流電流計の中間スイッチをONにする。(もし、電流計の針が

図3



逆向きに振れたり、正しい向

きでも振り切れたりするようなとき、その他異常があるときは、すぐにスイッチをOFFにして結線を点検する。)

次に、電流計の針を見ながら抵抗器の摺動子を静かに動かし、流れる電流がほぼ2.5Aになるようにし、絹糸をあててすぐに切れるかどうか試みてから、中間スイッチを一旦OFFにする。

(4) ニクロム線が冷えてから、下げふりを実験板の支点Cの釘に吊るし、下げふりのひもが示す鉛直線と、実験板に書き入れた鉛直線が互いに平行になるように、スタンドの自在ばさみの位置を調整する。

(5) 更に下げふりを徐々に下げて、下げふりの先端が敷板上の記録用紙に振れる点Pをカーボン紙を押して記録し、丸印で囲んでおく。

(6) CPの長さを測るため、ひとりが巻尺の端を点Pにあて、他のひとりが点Cに巻尺をあてて、釘の位置の目盛をLとして読み取る。(測定値には誤差が相当入るが、0.2%以下と考えられるので無視する。)

(7) おもりには、ピアノ線の輪が付いているから、絹糸をこの輪に通し、点Cからおもりを吊す。おもりを自由に揺らせて静止するのを待ち、2人で巻尺をあてて、点Cの座標 $l_1$ と、ピアノ線とおもりのつなぎ目の座標 $l_2$ を同時に読み取る。

rをおもりの半径とすると  $l = (l_1 - l_2) + r$  で決まる $l$ が支点からおもりの重心までの長さとなる。(図1を見よ) ただし、 $r = 2.00\text{cm}$ である。

(8) おもりが点Cの鉛直下方の点Aにきたときに、糸が焼き切れるようにニクロム線の位置を調整する。また、敷板上のわら半紙やカーボン紙が、おもりの落下する点の付近に置かれているか確かめる。

(9) 第1の者がおもりを持ち上げ、おもりの落下する鉛直面が実験板と平行になるように保持し、第2の者が糸と鉛直線と成す角 $\theta$ が指定された角になるように指示し、第3の者が中間スイッチをONにしてニクロム線を熱する。(おもりが飛んだ後すぐにスイッチをOFFにする。) 第4の者がおもりの落下点Qを見届ける係とし、第1の者は皆の準備完了を確認した後、おもりを落とす。(  $\theta$  は実験板に書き入れてある。)

(10) おもりの落下位置Qを丸印で囲み、 $Q_{30}$ のように書いておく。

(11) 巻尺をP、Qに当てて、2人で同時にPの座標 $d_P$ 、Qの座標 $d_Q$ を読み取り、 $d_P \sim d_Q = d$

により PQ の長さを算出する。このとき、落下位置は黒い円として記録されているから、その中心を点 Q として読み取る。

(12) おもりに付けたピアノ線は切れやすいので、切れたときは別のおもりと取り替える。

(13)  $\theta$  の値を変え、役割を交替して、測定を繰り返す。

(14) [原理] に示した式により、 $U_P/U_K$  を算出する。 $U_P/U_K$  の値は、0.97 とか 1.02 のように小数第 3 位を四捨五入して示す。

(15) 回路の結線をほどくときは、まずコンセントからコードを抜いて、そのあと他の部分の導線を外す。

[実験報告書]

年 月 日 ( )  
 第 校時 実施  
 共同実験者名

学 年	組	氏 名

[測定値と計算]

(長さの単位 : cm)

項目	$\theta$	30°	45°	60°	
測 定 値	L				
	$l_1$				
	$l_2$				
	r				
	$d_P$				
	$d_Q$				
	$l = (l_1 \sim l_2) + r$				
	$h = l (1 - \cos \theta)$				
	$H = L - (l + r)$				
	$d = d_P \sim d_Q$				
	$4Hh$				
	$d^2$				
	$U_P/U_K = 4Hh/d^2$				

[考察・感想]